

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE UKRAINE
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE
«IGOR SIKORSKY KYIV POLYTECHNIC INSTITUTE»
ДУ «НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ»
PUBLIC AGENCY «NATIONAL SCIENTIFIC AND RESEARCH INSTITUTE
OF INDUSTRIAL SAFETY AND OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH»
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
KYIV NATIONAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGIES AND DESIGN



ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

ENERGY SAVING AND OCCUPATION SAFETY: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Науково-технічний збірник

Матеріали
II Міжнародної науково-практичної конференції
(4–5 червня 2019 року, м. Київ)

Київ/Kyiv
Україна/Ukraine
«Основа»
2019

УДК 331.45:502/504:614.8

Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи:
Е61 наук.-техн. зб.: матеріали II Міжнар. наук.-пр. конф. (Київ, 4–5 червня
2019 р.). — К. : «Основа», 2019. — 352 с.
ISBN 978-966-984-010-3

Збірник містить матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи», яку провели Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Державна Установа «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці», Київський Національний університет технологій та дизайну 4–5 червня 2019 року у м. Києві. Розглянуто актуальні світові проблеми з енергозбереження та безпеки життєдіяльності людини, в тому числі, теоретичні основи та стратегічні напрями реалізації енергозберігаючих технологій, безпеки життєдіяльності населення в сучасних умовах, промислова безпека та охорона праці, безпека технологічних процесів, методологічні основи керування безпекою праці на транспорті, будівництві, гірництві та у житлово-комунальному господарстві, новітні енергоефективні та безпечні технології, питання підготовки фахівців з безпеки людини у вищих навчальних закладах країн Європейського Союзу, Азійсько-Тихоокеанського регіону, Канади, Китайської Народної Республіки, Японії, України.

Збірник розраховано на наукових та інженерно-технічних працівників, аспірантів, студентів, а також усіх, хто цікавиться проблемами енергозбереження, безпеки життєдіяльності, промислової безпеки та охорони праці.

УДК 331.45:502/504:614.8

ISBN 978-966-984-010-3

Передрукування заборонено
© «Основа», оригінал-макет видавництва, 2019

ВСТУП

Науковці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» спільно з науковцями Державної Установи «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці» та Київського Національного університету технологій та дизайну організували та провели 4 і 5 червня 2019 року Міжнародну науково-практичну конференцію на тему: «Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи».

У сучасним умовах питання реалізації енергетичної безпеки для кожної країни є важливим та актуальним завданням. Досягти таку мету можливо декількома способами: збільшенням видобутку власних енергоносіїв за умови запровадження новітніх енергозберігаючих технологій в енергоємних виробництвах; створення нового ефективного енергоощадного устаткування. Світовий досвід у вирішенні поставлених завдань свідчить, що всі енергетичні процеси та устаткування утворюють агресивне виробниче середовище, вплив якого на працівників, населення та довкілля призводить до вкрай негативних наслідків. Тому поряд з технологічними питаннями велику увагу науковці приділили безпеці виконання робіт, оцінці наслідків впливу енергетики на довкілля, охороні здоров'я працівників.

Мета конференції — обмін науково-технічною інформацією з актуальних питань:

— енергозбереження та перспективних напрямів створення та розвитку новітніх енергоефективних і безпечних технологій;

— визначення стратегічних напрямів у вирішенні екологічних, економічних і правових питань під час впровадження нового енергетичного устаткування;

— висвітлення проблем і досягнень у галузі охорони праці та способів створення безпечних умов праці.

У наданих працях використано принцип системного підходу у вирішенні завдань енергозбереження з одночасним підвищенням безпеки виробництва і комфортності умов праці. Враховуючи широкий спектр питань, які розглянуто у даному збірнику, 44 статі розміщено за чотирма розділами:

1. Управлінські, екологічні, економічні та правові аспекти використання енергоефективних технологій;

2. Новітні технології та устаткування для отримання, транспортування та збереження енергії;

3. Промислова безпека у сучасних енергоємних та енергонебезпечних умовах виробництва;

4. Новітні заходи та засоби з енергоменеджменту, охорони праці та безпеки життєдіяльності людини.

У роботі конференції взяли участь 90 науковців з 6 країн. Серед учасників конференції найбільшу частину становили представники наукових кіл України, а також науковці Азербайджану, Японії, Канади, Сполучених Штатів Америки, Болгарії. Українські науковці та фахівці з питань енергозбереження, енергоменеджменту, безпеки життєдіяльності та охорони праці представляли 15 вищих навчальних закладів, зокрема: Державний вищий навчальний заклад Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро; Національний університет цивільного захисту України, м. Харків; *Одеський національний політехнічний університет*, м. Одеса, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький; Київський Міжнародний Університет, м. Київ; Івано-Франківський Національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ; *Київський національний університет ім. Тараса Шевченка*, м. Київ, Таврійський університет ім. В.І. Вернадського, м. Київ; *Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України*, м. Черкаси, *Національного університету харчових технологій*, м. Київ.

У конференції прийняли участь фахівці з наукових установ Національної академії наук України: Інститут гідромеханіки Національної академії наук України, Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України; ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки і охорони праці», *Інститут еволюційної екології Національної академії наук України*, м. Київ, Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії наук України, м. Київ, *Інстит колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського Національної академії наук України*, м. Київ.

Серед учасників конференції члени кореспонденти Національної академії наук України, 22 доктори технічних наук.

Учасники конференції заслухали 36 доповідей і прийняли участь у обговорюванні та дискусіях з таких питань енергозбереження, екології, безпеки життєдіяльності:

— особливості використання відновлюваних джерел електричної енергії;

— способи підвищення безпеки гідротехнічних споруд України;

- енергозберігаючі технології підземної газифікації вугілля як засоби забезпечення України вторинним паливом;
- парогазотурбінна енергетична установка змінної структури;
- екологічні аспекти безпеки людини у сучасних умовах України, Канади, Азербайджану;
- кліматичні зміни та їх наслідки: виникнення повеней і засух в Африці;
- способи підвищення енергоефективності та зниження викидів парникових газів.

Підвищену увагу привернули доповіді, пов'язані з реалізацією основних вимог щодо охорони праці та безпеки виробництва:

- аналіз сучасного стану інформаційних систем Державної служби з охорони праці та формування рекомендації з їх вдосконалення;
- аналіз параметрів робочого процесу, що впливають на ризик виникнення захворювань органів дихання шахтарів;
- особливості проектування та застосування новітніх видів засобів індивідуального захисту.

Інформаційні партнери конференції:

Збірник наукових праць. Проблеми охорони праці в Україні.

Інформаційний бюлетень з охорони праці.

Науковий журнал. Енергетика Економіка, Технології, Екологія. Видавництво «Основа».

Проаналізувавши та узагальнивши доповіді й пропозиції, Учасники конференції прийняли відповідне Рішення, в якому виклали свої пропозиції щодо подальшого впровадження наукових здобутків у практичну сферу життєдіяльності та скерували його у друку у відповідні друковані видання.

Учасники конференції висловили вдячність — співробітникам кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки та кафедри енергопостачання інститут енергозбереження та енергоменеджменту, які брали участь у підготовці, організації та проведенні конференції.

ЧЛЕНИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ

INTRODUCTION

The scientists of National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Institute of Energy Saving and Energy Management jointly with the scientists of Kyiv National University of Technologies and Design and Public Agency «National Scientific and Research Institute of Industrial Safety and Occupational Safety and Health», organized and held from June 4th to June 5th, 2019 International Symposium «Energy Saving and Occupation Safety: Challenges and Opportunities».

In modern conditions, the issue of implementing energy security for each country is an important and actual problems. There are several ways to achieve this goal: increase own energy production; development and introduction of energy-saving technologies for energy-intensive industries; creation of a new energy-saving equipment. In Ukraine, all energy processes and equipment create an aggressive production environment, the impact of which on workers, population and environment leads to extremely negative effects. Therefore, as well as technological problem, scientists paid great attention to the safety of work, the assessment of the impact of energy on the environment, and the problem of electrical protection of workers.

The purpose of the symposium is the exchange of scientific and technical information concerning the following actual problems:

- energy saving and perspective directions of creation and development of the latest energy-efficient and safe technologies;
- definition of strategic directions for increasing industrial safety;
- coverage of problems and achievements in the field of labor protection and ways to create safe working conditions.

The system approach principle for decision energy saving problems with the simultaneous increase of safety of production and comfort for working conditions was used in Conference presentations.

Given a wide range of issues that are considered in this Proceedings of Conference, 44 papers were given in four chapters:

1. The actual problem as to receiving saving energy;
2. Human security in modern energy-intensive and energy-saving conditions;
3. New technologies and equipment for energy-dangerous works;
4. Labor protection as a guarantee of safety of modern energy-saving technologies.

Participants of the conference have listened to 38 reports presentations and participated in discussions on following issues of energy saving:

- ways to increase the safety of hydraulic engineering structures in Ukraine;

- energy-saving technologies of underground gasification of coal as a means of ensuring Ukraine's secondary fuels;

- combined steam and gas turbine power plant of variable structure;
- environmental aspects of human security in the modern conditions of Ukraine;

- methods of experimental research on biogas production from organic waste;

- ways regarding to increase energy efficiency and reduce greenhouse gas emissions.

Special attention was devoted to the presentations regarding implementation of the basic requirements for occupational safety and safety of production:

- analysis of the modern state of information systems of State Service for Labor Protection and formation of recommendations for their improvement;

- ways of solving the problem of energy saving for improving safety of life;

- analysis of floods and droughts for past and future climates in the bago river basin;

- expert opinion-based power substation;

- risk assessment for accident prevention;

- analysis of parameters of working process, which affect risk of respiratory diseases of miners.

After analyzing and summarizing the reports and proposals, the Conference participants have adopted an appropriate decision, in which their proposals for the further realization of scientific achievements in the practical sphere of life activity were presented.

The conference participants expressed their gratitude to the staff of Department of Occupational Safety, Industrial and Civil Security and Energy Supply Department of Institute of Energy Saving and Energy Management who participated in the preparation, organization and holding of the symposium.

MEMBERS OF THE ORGANIZING COMMITTEE

I. УПРАВЛІНСЬКІ, ЕКОЛОГІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 697.12; 628.87

БАСОК Б. І., член-кореспондент НАН України, докт. техн. наук, професор,
ДАВИДЕНКО Б. В., докт. техн. наук,
ГОНЧАРУК С. М., канд. техн. наук,
НОВІЦЬКА М. П., канд. техн. наук,
Інститут технічної теплофізики НАН України

ТЕПЛОФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ БУДІВЛІ

***Анотація.** У статті наведено результати чисельного моделювання температурного режиму будівлі в цілому. Задача розглядається в стаціонарній та нестаціонарній постановках. Результати теоретичного розрахунку з використанням розробленої наближеної теплофізичної моделі температурного режиму будівлі задовільно узгоджуються з даними експериментальних досліджень.*

***Ключові слова:** тепловтрати, тепловий режим, будівля, енергоменеджмент, теплофізичне моделювання.*

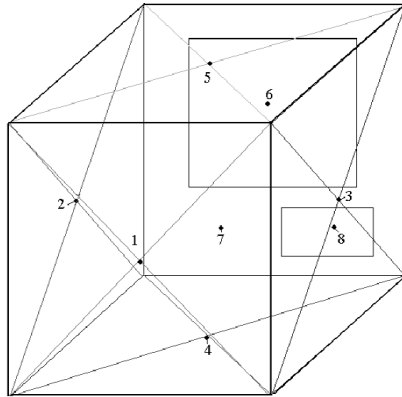
***Abstract** The article presents the results of numerical modeling of the temperature regime of the building as a whole. The problem is considered in the stationary and non-stationary formulations. The results of the theoretical calculation using the developed approximate thermal-physical model of the temperature regime of the building are satisfactorily consistent with the data of experimental studies.*

***Keywords:** heat loss, thermal regime, building, energy management, thermophysical simulation.*

Перевірка теплового стану огороджувальних конструкцій (ОК), ефективності роботи систем опалення та вентиляції будівель, а також визначення параметрів мікроклімату приміщень будівлі може здійснюватися шляхом тепловізійного обстеження, натурального експерименту або теплофізичного моделювання. Інфрачервоне обстеження дає можливість виявлення зон з погіршеною теплоізоля-

цією ОК та аналізу роботи систем вентиляції та опалення. Його застосування проводять для виявлення місць розташування ділянок з тепловими відмовами та локалізації зон надмірної інфільтрації повітря крізь огорожувальні конструкції. Але за допомогою тепловізійної діагностики не можливо визначити якість теплової ізоляції та повітропроникності конструкцій. Для кількісного визначення тепловтрат через стінові та світлопрозорі конструкції необхідно проводити обстеження іншими методами та приладами. Методи для визначення якості теплової ізоляції встановлено у таких стандартах: ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій; ДСТУ Б В.2.2-19:2007 Будинки і споруди. Метод визначення повітропроникності в натурних умовах тощо. Ефективним та економічним способом дослідження теплових режимів будівель є теплофізичне чисельне моделювання. Числові методи досліджень теплових процесів можуть бути використані для дослідження тепломасопереносу, температурних полів та ступеня комфортності перебування людей в приміщеннях різних конструкцій та з різними системами опалювання. Саме дослідження теплового режиму будівлі в цілому з використанням теплофізичного моделювання проводяться та аналізуються в даній роботі.

У роботах [1–3] наведено результати розрахунку температурного режиму приміщення з конвекторною системою опалення, що одержані з розв'язання тривимірної системи рівнянь гідродинаміки та теплопереносу. Для спрощеного розв'язання такої задачі використана наближена теплофізична модель приміщення з зосередженими параметрами. Згідно з цією моделлю, в досліджуваному приміщенні розглядаються окремі теплообмінні поверхні, температури яких вважаються однорідними. Кожній з таких поверхонь ставиться у відповідність деякий розрахунковий вузол, значення температури в якому відповідає усередненій по площі температурі поверхні, що розглядається (рис. 1). Нумерація вузлів прийнята з урахуванням того, що температури протилежної від вікна стіни, підлоги, стелі, а також лівої та правої стіни наближено вважаються рівномірно розподіленими по поверхнях. Водночас температури віконного скла, законвекторної ділянки та іншої частини зовнішньої та внутрішньої поверхні зовнішньої стіни можуть між собою істотно відрізнятись. Тому на зовнішній стіні розглядаються три характерні зони з внутрішньої сторони та три зони з зовнішньої сторони.



**Рис. 1. Номера розрахункових вузлів в схемі з зосередженими параметрами
Номери вузлів встановлено у такий спосіб:**

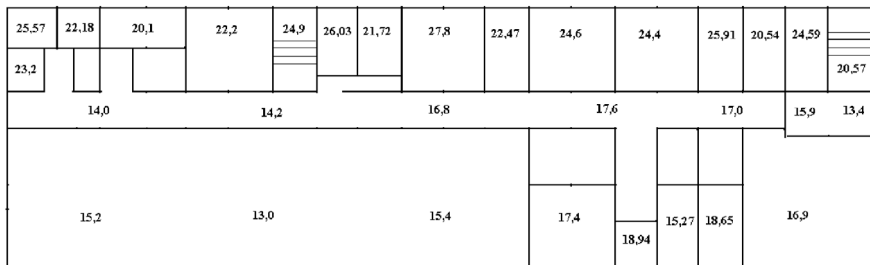
1 — стіна, протилежна віконній конструкції; 2 — ліва від вікна стіна; 3 — права від вікна стіна; 4 — підлога; 5 — стеля; 6 — внутрішня поверхня вікна; 7 — ділянка внутрішньої поверхні зовнішньої стіни, що не належить до вікна і законвекторній ділянці; 8 — законвекторна ділянка внутрішньої поверхні зовнішньої стіни, біля якої розміщений конвектор. Площа законвекторної ділянки приймається рівною площі конвектора. 9 — зовнішня поверхня вікна; 10 — ділянка зовнішньої поверхні зовнішньої стіни, що не належить до вікна і законвекторної ділянки; 11 — законвекторна ділянка на зовнішній поверхні зовнішньої стіни

Номер 12 присвоєно вузлу, який характеризує температуру повітря в приміщенні. Температура повітря в приміщенні наближено вважається однорідною.

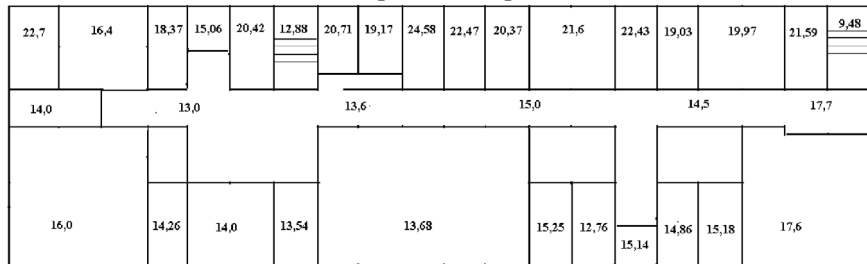
Згідно з прийнятими припущеннями про теплообмін між різними поверхнями в приміщенні вважається, що променевий тепловий потік від конвектора надходить до стіни, що протилежна вікну ($Q_{k-1}^{\text{проМ}}$); до лівої ($Q_{k-2}^{\text{проМ}}$) та правої ($Q_{k-3}^{\text{проМ}}$) бічних стін; до підлоги ($Q_{k-4}^{\text{проМ}}$); до стелі ($Q_{k-5}^{\text{проМ}}$), а також до законвекторної ділянки зовнішньої стіни ($Q_{k-8}^{\text{проМ}}$). Крім того вважається, що променевий тепловий потік до поверхні вікна надходить від стіни, що протилежна вікну ($Q_{6-1}^{\text{проМ}}$); від лівої ($Q_{6-2}^{\text{проМ}}$) та правої ($Q_{6-3}^{\text{проМ}}$) бічних стін; від підлоги ($Q_{6-4}^{\text{проМ}}$) та від стелі ($Q_{6-5}^{\text{проМ}}$). До ділянки зовнішньої стіни (без вікна і законвекторної ділянки) променевий тепловий потік також надходить від стіни, що протилежна вікну ($Q_{7-1}^{\text{проМ}}$); від лівої бічної стіни ($Q_{7-2}^{\text{проМ}}$) та правої бічної стіни ($Q_{7-3}^{\text{проМ}}$); від підлоги ($Q_{7-4}^{\text{проМ}}$) та від стелі ($Q_{7-5}^{\text{проМ}}$). Конвекційний теплообмін відбувається між повітряним середовищем в приміщенні та: стіною, що протилежна вікну ($Q_{12-1}^{\text{проМ}}$);

лівою бічною стіною ($Q_{12-2}^{\text{пром}}$); правую бічною стіною ($Q_{12-3}^{\text{пром}}$); підлогою ($Q_{12-4}^{\text{пром}}$); стелею ($Q_{12-5}^{\text{пром}}$); вікном ($Q_{12-6}^{\text{пром}}$); ділянкою зовнішньої стіни (без вікна і законвекторної ділянки) ($Q_{12-7}^{\text{пром}}$); законвекторною ділянкою зовнішньої стіни ($Q_{12-8}^{\text{пром}}$); конвектором ($Q_{12-к}^{\text{пром}}$).

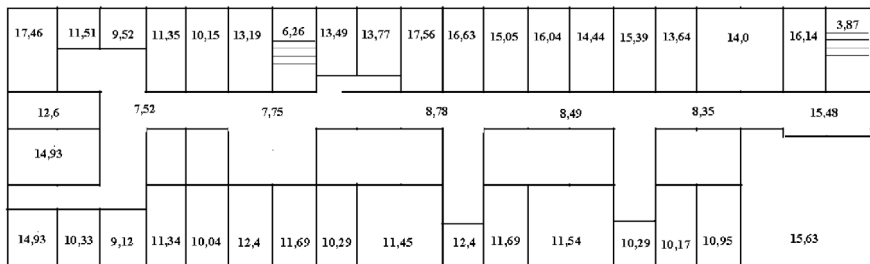
З використанням представленої методики розрахунку були проведені чисельні дослідження повітряно-температурного режиму будівлі ІТТФ НАН України (м. Київ, вул. Булаховського 2) у зимовий період (рис. 2).



Перший поверх



Другий поверх



Третій поверх

Рис. 2. Розподіл температури (°C) в приміщеннях (що окреслені прямокутниками) поверхів досліджуваної будівлі при $t_{\infty} = -15,5^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{вх.ос}}^{\text{вх.ос}} = 86,6^{\circ}\text{C}$; $G_{\text{тн}}^{\text{вх.ос}} = 3,25 \text{ м}^3/\text{ч}$, $v_0 = 5 \text{ м/с}$, вітер — південний

На рис. 2 представлені значення температури в кожному при-міщенні будівлі за таких стаціонарних умов: температура зовнішнього повітря: $t_{\infty} = -15,5^{\circ}\text{C}$; температура теплоносія на вході в систему теплопостачання будівлі $t_{\text{TH}}^{\text{вх.оц}} = 86,6^{\circ}\text{C}$; витрата теплоносія в системі опалення $G_{\text{TH}}^{\text{вх.оц}} = 3,25 \text{ м}^3/\text{ч}$. Розрахунки проведено для швидкості незбуреного вітрового потоку $v_0 = 5 \text{ м/с}$. Напрямок вітру — південний (поперечний до фасаду споруди).

Результати розрахунку розподілу коефіцієнтів тиску вітрового потоку K_p по поверхні ОК, що характерні для розглянутого випадку, представлені в роботах [4—7]. Ці дані використано для розрахунку неорганізованого припливу (проникнення) повітря через нещільності в ОК. Величини коефіцієнтів тепловіддачі на зовнішніх поверхнях ОК будівлі, що характерні для розглянутого випадку, знайдені з використанням методу, розглянутого в [4—7]. Результати розрахунку температур конвекторів для північно-східної гілки системи опалення будівлі представлені в табл. 1. Результати розрахунків втрат теплоти для досліджуваної будівлі наведено в табл. 2.

Таблиця 1

Результати розрахунків температур ($^{\circ}\text{C}$) конвекторів для північно-східної гілки

Номер контуру опалювальних приладів	Номер конвектора в контурі					
	1	2	3	4	5	6
1	82,84	76,30	70,34	64,71	59,84	55,47
2	82,05	75,15	69,10	63,41	58,53	53,97
3	81,15	73,85	67,51	61,57	56,54	51,88
4	80,28	72,78	66,26	60,18	55,05	50,41
5	79,71	72,83	66,72	60,77	55,44	50,59
6	78,22	71,50	65,54	60,10	55,61	51,82

Таблиця 2

Результати розрахунків теплових втрат досліджуваної будівлі

$G_{\text{прит.}}$, $\text{м}^3/\text{год}$	$Q_{\text{инф}}$, кВт	$Q_{\text{ок}}$, кВт	$Q_{\text{сум}}$, кВт
1784	24,5	96,65	121,14

За розглянутою методикою досліджувалася динаміка температурного режиму будівлі при змінних у часі значеннях температури зовнішнього повітря. В якості вихідних даних для розрахунку були використані результати вимірювання за певний період часу температури зовнішнього повітря, температури і витрати теплоносія на вході в систему опалення будівлі, що досліджується. Зазначені дані у вигляді графічних залежностей відповідних величин від часу представлені на рис. 3—5. Розрахунки проведені для тих же значень швидкості і напрямку вітру, як і для випадку стаціонарного режиму. Швидкість і напрямок вітру в розглянутій період часу вважалися постійними. В результаті розрахункових досліджень визначалися залежності від часу температури теплоносія на виході з системи опалення будівлі, а також його сумарні тепловтрати. Отримані розрахунковим шляхом значення температури теплоносія на виході з системи опалення порівнювалися з даними вимірювань (рис. 6). Як видно з рисунку, розрахункові значення температур теплоносія дещо перевищують експериментальні. Найбільше відхилення спостерігається на початковому періоді, що є наслідком не повної відповідності початкових умов, прийнятих для розрахунку, реальним умовам. З плином часу, у міру зниження впливу початкових умов на результати обчислень, різниця між розрахунковими і експериментальними величинами зменшується. Подібна картина спостерігається також при порівнянні розрахункових значень тепловтрат будівлі та експериментально знайдених величин сумарної потужності опалювальних систем (рис. 7). Сумарна потужність опалювальних систем $Q_{\text{втр}}$ оцінюється за формулою:

$$Q_{\text{втр}} = G_{\text{тн}}^{\text{вх.ос}} C_p \rho (t_{\text{тн}}^{\text{вх}} - t_{\text{тн}}^{\text{вих}}).$$

В цілому ж слід зазначити, що знайдені розрахунковим шляхом значення тепловтрат виявляються меншими, ніж експериментальні. Причина цього полягає в недостатній точності моделі з зосередженими параметрами, що використовується для розрахунків, в неповній відповідності прийнятих для розрахунку даних по термічним і гідравлічним опорах, а також у неповному обліку всіх наявних тепловтрат будівлі. Слід також зазначити, що експериментальні значення тепловтрат, що визначаються за сумарною потужністю системи опалення, відповідають їм лише в умовах стаціонарного режиму. При нестаціонарному режимі теплота, отримана від опалювальної системи, витрачається також на зміну теплоємності будівельних конструкцій, а не тільки втрачається в навко-

лишній простір. На рис. 8 представлені криві, що відображають відношення тепловтрат через ОК (1), та тепловтрат за рахунок повітрообміну (2) до сумарних тепловтрат. З порівняння вказаних кривих випливає, що втрати за рахунок повітрообміну складають від 20 % до 30 % від сумарних тепловтрат. На рис. 9 представлено порівняння інтегральних втрат теплоти крізь бічні (вертикальні) поверхні ОК. Крива 1 відповідає тепловтратам через стіни, а крива 2 — через вікна. З порівняння представлених на рисунку результатів випливає, що хоча сумарна площа стін відноситься до сумарної площі вікон як 5:4, втрати теплоти через віконні конструкції суттєво перевищують втрати теплоти через стіни внаслідок більш низького термічного опору вікон.

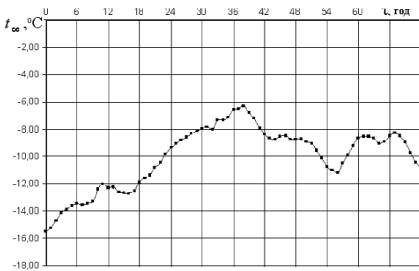


Рис. 3. Зміна в часі температури зовнішнього повітря з 4 по 7 лютого 2012 р.

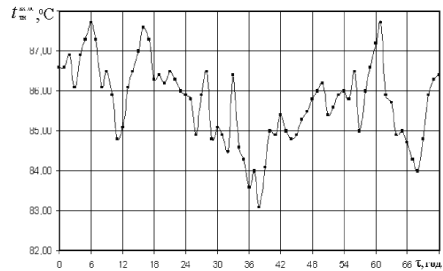


Рис. 4. Зміна в часі температури теплоносія на вході в опалювальну систему з 4 по 7 лютого 2012 р.

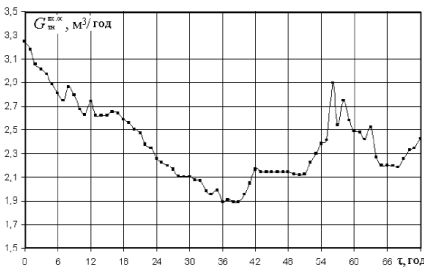


Рис. 5. Зміна в часі витрати теплоносія на вході в опалювальну систему з 4 по 7 лютого 2012 р.

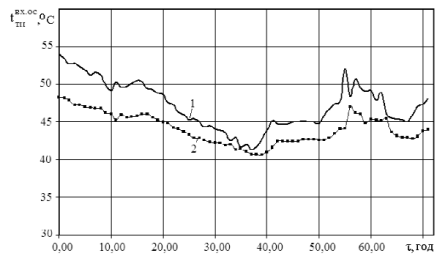


Рис. 6. Зміна в часі температури теплоносія на виході з опалювальної системи з 4 по 7 лютого 2012 р.: 1 — теорія; 2 — експеримент

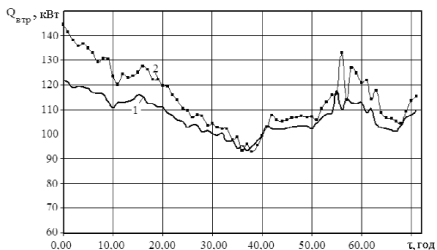


Рис. 7. Залежність від часу сумарних теплових витрат будівлі з 4 по 7 лютого 2012 р.:
1 — розрахунок; 2 — експеримент

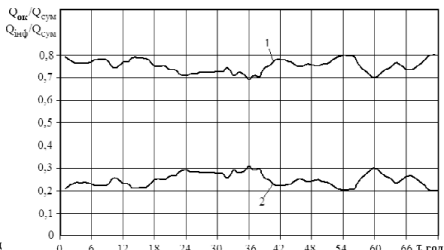


Рис. 8. Відношення тепловитрат через огорожувальні конструкції (1) та за рахунок інфільтрації (2) до сумарних тепловитрат будівлі з 4 по 7 лютого 2012 р.

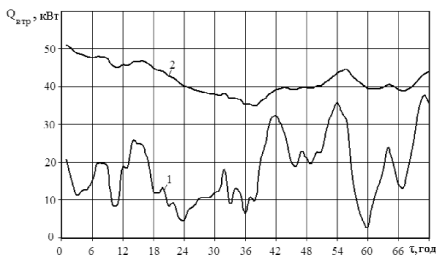


Рис. 9. Зміна в часі тепловитрат через бічні стіни (1) та вікна (2) в будівлі з 4 по 7 лютого 2012 р.

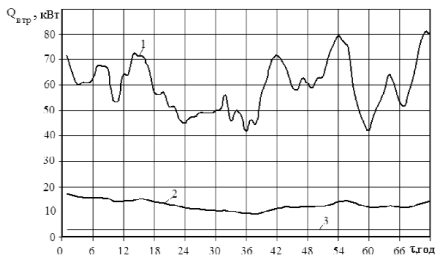


Рис. 10. Тепловитрати через бічні огорожі (стіни та вікна (1)), дах (2) та фундамент (3) з 4 по 7 лютого 2012 р.

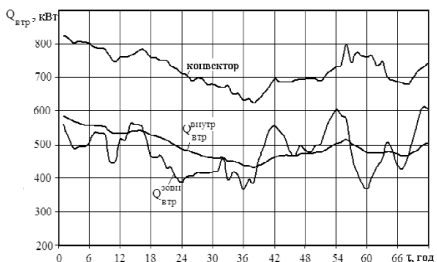


Рис. 11. Тепловиділення від конвектора та тепловитрати через зовнішню та внутрішню поверхню зовнішньої стіни приміщення з 4 по 7 лютого 2012 р.

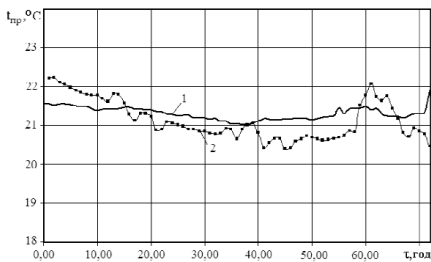


Рис. 12. Зміна в часі температури повітря в приміщенні з 4 по 7 лютого 2012 р.:
1 — розрахунок; 2 — експеримент

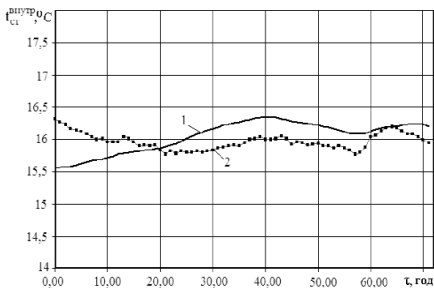


Рис. 13. Зміна в часі температури внутрішньої поверхні зовнішньої стінової конструкції приміщення досліджуваної будівлі з 4 по 7 лютого 2012 р.:

1 — розрахунок; 2 — експеримент

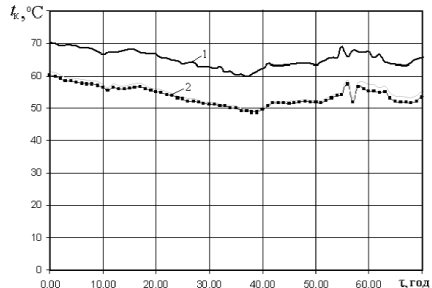


Рис. 14. Зміна в часі температури теплоносія (1 — розрахунок) та температури поверхні конвектора (2 — експеримент) в окремому приміщенні досліджуваної будівлі з 4 по 7 лютого 2012 р.

Порівняння тепловтрат через бічні огорожі, дах та фундамент представлені на рис. 10. З рисунку видно, що втрати теплоти через бічні поверхні значно перевищують аналогічні показники для даху та фундаменту. Мінімальні втрати через фундамент обумовлені тим, що під будівлею утворюється область, в якій температури несуттєво відрізняються від температур на першому поверсі будівлі. Ця область не схильна до впливу вітру і частково теплоізолювана від навколишнього середовища самою будівлею. На глибині 2—3 метри від земної поверхні температурні умови стабільні протягом цілого року.

Крім розглянутої вище динаміки температурного режиму всього корпусу додатково наведені результати чисельних досліджень температурного режиму окремого приміщення досліджуваної будівлі, в якому були встановлені термометри опору і перетворювачі теплового потоку на зовнішній стіні.

Зміна в часі потужності конвектора, а також зміна в часі теплових потоків на внутрішній і зовнішній поверхнях зовнішньої стіни представлено на рис. 11. Як видно з рисунку, теплові потоки через зовнішню стіну на 200—250 Вт нижчі, ніж потужність конвектора. Це пов'язано з тим, що частина потужності конвектора витрачається на променевий тепловий потік до внутрішніх стін цього приміщення, а також на конвективний нагрів повітря в приміщенні. Ці теплові потоки переносяться теплопровідністю та конвекцією до сусідніх приміщень та в коридор. Різниця ж у зна-

ченнях теплових потоків на зовнішній і внутрішній поверхнях зовнішньої стіни пов'язана з тим, що при нестационарному режимі теплообміну частина теплоти, що надходить до внутрішньої поверхні, витрачається на збільшення тепловмісту самої стіни. Порівняння розрахункових результатів з експериментальними даними щодо зміни в часі температури повітряного середовища в приміщенні, а також температури внутрішньої поверхні зовнішньої стіни, представлені на рис. 12 і 13. Порівняння розрахункових результатів з експериментальними даними показує їх задовільне узгодження (відмінність в межах $0,5^{\circ}\text{C}$).

На рис. 14 представлено змінення в часі температури теплоносія в конвекторі, встановленому в досліджуваному приміщенні, а також визначеної з експерименту температури зовнішньої поверхні конвектора. Як видно з порівняння вказаних залежностей, вони якісно подібні. Кількісна різниця між представленими даними (порядку 10°C) зумовлена наявністю термічного опору стінки конвектора, і тим, що встановлений на зовнішній поверхні конвектора термометр опору не був теплоізолюваний від зовнішнього середовища приміщення, і, внаслідок цього, віддавав повітряному середовищу теплоту, отриману від конвектора. Фактично цей датчик показував середнє значення між температурою стінки конвектора і температурою пристінкового граничного шару повітря навколо конвектора.

Висновок. У результаті було вдосконалено чисельну модель теплопереносу всередині адміністративної будівлі. Розроблено наближений метод чисельного аналізу температурного стану повітряного середовища, ОК та системи опалення адміністративної будівлі, що ґрунтується на вирішенні задачі теплопереносу з зосередженими параметрами. З використанням даного методу проведено аналіз динаміки температурного режиму адміністративної будівлі в зимовий період року, визначено рівні тепловтрат з поверхонь його огорожувальних конструкцій, а також за рахунок інфільтрації. Знайдено характерні особливості розподілу температури в будівлі залежно від розміщення приміщень в її загальному об'ємі.

Література

1. Басок Б. І. Конвективний коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні огорожувальної конструкції будівлі / Б. І. Басок, С. М. Гончарук, Б. В. Давиденко, М. П. Новіцька, Т. А. Резакова // Будівельні конструкції. — 2013. — В. 77. — С. 174—178.

2. Гончарук С. М. Дослідження аеродинаміки будівлі / С. М. Гончарук, Б. В. Давиденко, Є. В. Шевель // Збірка тез доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». 25—28 квітня 2009 р., НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна. — С. 58.

3. Басок Б. И. Аэродинамика и теплоотдача с поверхности ограждающих конструкций трехэтажного административного здания / Б.И. Басок, Б.В. Давыденко, М.П. Новицкая, С.М. Гончарук // XIV Минский международный форум по тепло- и массообмену: Тезисы докладов и сообщений (Минск, 10—13 сентября 2012 г.) Минск: Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова, 2012. — С. 44—45.

4. Басок Б. И. Температурный режим отопляемого помещения. Приближенная теплофизическая модель / Б. И. Басок, Б. В. Давыденко, С. М. Гончарук, О. М. Лысенко // Промышленная теплотехника. — 2013. — Т. 35, № 4. — С. 23—30.

5. Басок Б. И. Эффективность прерывистого режима отопления помещений / Б. И. Басок, Б. В. Давыденко, С. М. Гончарук, О. Н. Лысенко // Промышленная теплотехника. — 2013. — Т. 35, № 6. — С. 39—46.

6. Басок Б. І. Теплофізичне моделювання повітряно-температурного режиму приміщення громадської будівлі при переривчастому режимі опалення / Б. І. Басок, Б. В. Давиденко, С. М. Гончарук, О. М. Лисенко // Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. Збірник тез доповідей. — 2014. — С. 21.

7. Басок Б. И. Теплофизическое моделирование температурного режима здания (на примере административного корпуса ИТТФ НАН Украины) / Б. И. Басок, Б. В. Давыденко, Н. П. Новицкая, С. М. Гончарук, О. Н. Лысенко // Збірник тез доповідей IX Міжнародної конференції «Проблеми промислової теплотехніки», м. Київ, Україна, 20—23 жовтня 2015 р. [електронний ресурс].

Інформація про авторів Басок Б. І. basok@ittf.kiev.ua, Давиденко Б. В. bdavydenko@ukr.net, Гончарук С. М. goncharuk-s@ukr.net, Новицька М. П. mmarina@ukr.net

КРУЖИЛКО О. Є., докт. техн. наук, с.н.с.,
СТОРОЖ Я. Б., канд. техн. наук, доцент,
МАЙСТРЕНКО В. В., канд. техн. наук,
ТКАЛИЧ І. М., магістр

Державна установа «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки і охорони праці», м. Київ, Україна

ПОЛУКАРОВ О. І., канд. техн. наук, доцент
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
(каф. ОППЦБ), м. Київ, Україна*

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ

***Анотація.** Проаналізовано нормативно-правові акти з управління ризиками в галузі охорони праці. Встановлено, що одним із чинників, що перешкоджають впровадженню сучасних методів ідентифікації небезпек та оцінювання ризиків, є відсутність спеціалізованих інформаційних систем. Розроблено основні вимоги до створення інформаційної системи оцінювання професійних ризиків.*

***Ключові слова:** професійний ризик, ідентифікація небезпек, інформаційна система.*

***Abstract.** The normative-legal acts on risk management in the field of labor protection were analyzed. It is established that one of the factors hindering the introduction of modern methods of identifying hazards and risk assessment is the lack of specialized information systems. The basic requirements for creating an information system for assessing occupational risks have been developed.*

***Keywords:** professional risk, hazard identification, information system.*

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується широким впровадженням засобів комп'ютерної техніки для вирішення різноманітних завдань управління. Занесення на магнітні носії та формування баз даних про показники охорони праці дозволяє реалізувати принцип однократного введення даних та їх багаторазового та багатопільового використання. Основними завданнями, що вирішувались при створенні інформаційних систем в галузі охорони праці у минулі роки, були автоматизація збору даних, насамперед, про виробничий травматизм, групування та сортування зібраних даних, а

також формування звітів. Досвід практичного використання свідчить, що такі системи дозволили скоротити час обробки даних, підвищити точність розрахунків, збільшити кількість форм звітів.

Необхідність реалізації процедур цілеспрямованого управління ризиками визначено Рамочною Директивою № 89/391/ЄЕС «Щодо запровадження заходів заохочення поліпшення безпеки та охорони здоров'я працівників під час роботи» (імplementовано в законодавство України). Вона є основою для низки інших директив, законів і нормативних актів в галузі охорони праці, тому її вимоги можна вважати базовими для країн ЄС та для України. За результатами проведеного аналізу структури європейського законодавства [1] та з урахуванням порівняльних характеристик європейської та української нормативно-правової бази у сфері охорони праці можна умовно розподілити вимоги ЄС із безпеки та здоров'я на законодавчі та організаційні. Законодавчі вимоги ЄС складаються із декількох пов'язаних між собою компонентів: первинного законодавства (договори та хартії), вторинного законодавства (директиви, регламенти, настанови, стандарти, рішення, програми, офіційні видання). Організаційні вимоги ЄС — це вимоги незалежних об'єднань та організацій, світових та європейських, які виконуються країнами-членами ЄС або їхніми суб'єктами: резолюції та декларації ООН, ВООЗ, конвенції та рекомендації МОП (ILO), стандарти ISO/IEC, стандарти країн-членів ЄС, програми та рекомендації EU-OHSA, вимоги щодо ведення статистичних даних ILOSTAT, EUROSTAT тощо.

Вимоги міжнародних та європейських організацій виконуються державами на добровільних засадах, але саме такі вимоги стимулюють постійний розвиток безпеки праці. Можна стверджувати, що серед організаційних вимог у галузі охорони праці ЄС Україна дотримується головним чином лише конвенцій МОП, виконання інших вимог потребує розроблення спеціальних програм та планів та рекомендацій щодо їх застосування як на державному рівні, так і на рівні суб'єктів господарської діяльності — резидентами України.

Чинне законодавство України з охорони праці не містить обов'язкових вимог стосовно необхідності розслідування потенційно небезпечних випадків, разом з тим європейськими стандартами із ризик-менеджменту передбачене проведення внутрішнього розслідування причин таких випадків, реалізацію заходів з усунення їх причин. Таким чином, статистика відображає не лише кількість нещасних випадків, а також процентне співвідношення кількості усунутих причин потенційно небезпечних випадків до загальної кількості виявлених потенційно небезпечних випадків [1].

Використання звітів та аналітичних довідок для підтримки управлінської діяльності було спрощеним, в переважній більшості випадків виконувалось співставлення окремих показників за звітний та минулий періоди, що дозволяло керівництву робити висновки про погіршення або покращення стану справ на об'єктах управління та приймати відповідні управлінські рішення. Таке становище до останнього часу компенсувалось компетентністю та інтуїцією керівників та фахівців, а спроби науковців запропонувати для використання спеціалізовані засоби підтримки управлінської діяльності сприймались, здебільшого, негативно. Саме цими обставинами можна пояснити застосування до останнього часу в сфері охорони праці спрощених математичних моделей, які в переважній більшості випадків не дозволяють врахувати значну кількість чинників. Тому при прийнятті управлінських рішень донедавна переважали суб'єктивні оцінки, засновані на досвіді вирішення аналогічних завдань та інтуїції керівників та фахівців.

Дослідження професійного ризику дозволяє встановити закономірності для прогнозування рівня травматизму на підприємствах, використання яких забезпечило планування обґрунтованих заходів. Встановлено ряд залежностей, таких як вплив стажу роботи працівника та його віку на рівень професійного ризику. Отримані математичні рівняння, що характеризують цей вплив та можуть бути використані на практиці для прогнозування ризику. Практична реалізація такого та подібних підходів потребує наявності спеціалізованих інформаційних систем, які дозволять автоматизувати процес аналізу початкових даних та розрахунку прогнозу.

Створювана інформаційна система повинна бути орієнтованою на підтримку управління професійними ризиками. Передбачено застосування методів математичного моделювання та прогнозування, методів теорії прийняття рішень та експертних. Слід зазначити, що створення подібних систем в галузі охорони праці, заснованих на застосуванні сучасного математичного апарата, вимагає істотних трудовитрат, як з боку розробників математичного, алгоритмічного й програмного забезпечення, так і з боку постановників завдання. Це пояснюється, з одного боку, досить складним обчислювальними алгоритмами, з іншого боку, предметною областю, що погано формалізується.

Для автоматизації процесів розрахунку рівнів ризиків, у ДУ «ННДІПБОП» розроблено інформаційну систему (ІС СОРТ). Вказана система розроблялась як пілотний проект та використовува-

лась для проведення ряду науково-прикладних досліджень [2]. Розглянемо основні можливості ІС СОРТ.

Інформація, що зберігається у базах даних і використовується при обґрунтуванні управлінських рішень, має різноплановий характер, вона пов'язана із можливими травматичними подіями, причинами нещасних випадків, небезпечними та шкідливим чинниками тощо.

Оцінювання виробничих ризиків та подальше ранжування ризику настання травматичної події за рівнем ризику відбувається автоматично. Слід відзначити, що при формуванні масивів заходів здійснюється їх групування за рівнем ризику. Формування множини заходів для зниження рівня ризику здійснюється окремо для кожної групи. Заходи вводяться вручну або шляхом копіювання. Після формування масивів заходів, проводиться їх експертне оцінювання. Робота експертів передбачає спочатку оцінку критеріїв. На наступному етапі здійснюється безпосереднє оцінювання заходів експертами (рис. 1).

Система оцінки ризиків травматизму - П.1.01.k

Дані Розрахунок Заходи для зниження ризику Експертне оцінювання Класифікатори

Експерт Шипилов

Оцінка критеріїв Оцінка заходів

Карта визначення оцінки заходів для зниження ризику настання травматичної події

Небезпечний Середній

Небезпечна подія (ступінь ризику)

п10 Дія або контакт з небезпечними речовинами (12.13)

п7 Подія з висоти більше 2 м (11.63)

п17 ДТП під час роботи (10.90)

п11 Контакт із рухомими обладнанням або матеріалом (10.18)

п3 Зіткнення із рухомими транспортними засобами (8.22)

Оцінка заходів по події: п10 Дія або контакт з небезпечними речовинами (12.13)

	Забезпечення зниження ризику	Результативність заходу	Стабільність результату	Ефективність заходу	Швидкість управління	Легкість управління	ЗАГАЛЬНА ОЦІНКА
Відносна вагомість показника (VK), у сумі 1		0.13	0.17	0.22	0.26	0.22	
1. усунення	Ізоляція обладнання, максимальне усунення контакту з хімічними речовинами	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.78
2. заміна	Заміна хімічних речовин більш безпечними	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.61
3. технічний контроль	Встановлення уловлювачів, кожухів, завіс, екранів тощо, що зменшують виділення небезпечної речовини у робочу зону	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.57

голова /ранжування /заходи /оцінювання /результати /

Рис. 1. Закладка «Оцінка заходів»

При цьому використовується список травматичних подій, обраний з урахуванням рівня ризику. Кожній з подій поставлено у відповідність заходи, які потрібно оцінити експертам [2]. Оцінки вводяться вручну.

Результати експертного оцінювання заходів зі зниження рівня виробничого ризику представлено на закладинці «Результати» (рис. 2).

№	Подія	Захід	Узагальнена оцінка	Відповідальна особа	Дата	Відмітка про виконання	Коментарі
1			0.30				
2	m2 Удар предметом, що рухається, летить або падає	Ізоляція обладнання, максимальне усунення контакту з хімічними речовинами	0.30				
3			0.00				
4			0.00				
5			0.00				
6			Заміна пересувних площадок стаціонарними біля обладнання, що часто обслуговується	0.22			
7	m1 Контакт із рухомих обладнанням або матеріалом	-	0.22				
8			0.22				
9			0.22				
10			0.22				
11			0.00				
12	m7 Падіння з висоти	Відмова від верхолазних робіт, якщо вони можуть бути виконані з платформи та площадок	0.00				
13		Висота поручнів та огородження - 1,1 м, облаштування сіток-уловлювачів, стаціонарних систем страхування	0.00				
14			0.00				
15			0.00				
16			0.30				
17	m3 Стікнення із рухомих транспортним засобом		0.22				
18			0.22				
19			0.17				
20			0.09				
21			0.00				
22	m4 Стікнення із нерухомих або стаціонарним об'єктом		0.00				
23			0.00				
24			0.00				
25			0.00				

Рис. 2. Результати експертного оцінювання заходів зі зниження рівня виробничого ризику

Крім того, у ІС SOPT передбачено такі допоміжні режими:

- «Зберегти дані». На будь-якому етапі розрахунків можна зберегти результати, занесені дані та результати розрахунків;

- «Експортувати дані». На будь-якому етапі розрахунків можна експортувати результати роботи у Excel;
- «Завантажити дані». Збережені раніше результати можна завантажити для проведення нових розрахунків.

Нагальною потребою сьогодення більшості промислових підприємств є перехід до управління охороною праці на основі ризик-орієнтованого підходу. Необхідною умовою запровадження такої системи є наявність експертів, спроможних провести оцінювання альтернативних варіантів заходів зі зниження виробничих ризиків. Практична реалізація вказаного підходу передбачає наявність відповідної інформаційної системи, яка дозволить автоматизувати процес розрахунків на всіх етапах планування заходів зі зниження виробничого ризику.

Основні вимоги до створюваної системи оцінювання професійних ризиків.

Інформаційна система повинна виконувати такі функції:

- занесення первинних даних;
- узагальнення даних;
- проведення розрахунків;
- застосування фільтрів (формування вибірок);
- формування звітів за встановленими формами;
- формування аналітичних та довідкових документів;
- імпорт та експорт даних та результатів;
- створення резервних копій баз даних;
- захист від несанкціонованого доступу.

Програмне забезпечення системи має гнучко налаштовуватися при установці.

Практична реалізація ризик-орієнтованого підходу передбачає наявність відповідної інформаційної системи, яка дозволить автоматизувати процес розрахунків на всіх етапах планування заходів зі зниження виробничого ризику.

Література

1. Богданова О. В. Удосконалення науково-методичних підходів до планування заходів зі зниження виробничих ризиків: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / ДУ «ННДІПБОП». Київ, 2016. — 164 с.
2. Кружилко О. Є., Богданова О. В. Наукові та практичні аспекти застосування інформаційної системи оцінювання виробничого ризику. Теорія і практика будівництва. 2015. № 16. — С. 38—42.

Інформація про авторів: Кружилко Олег Євгенович
email: olkruzhilko@ukr.net

ALIYEVA G. O., PhD

Azerbaijan Technical University, Baku

MACRO LEVEL ANALYSIS OF INNOVATIONS IN INDUSTRIAL ENTERPRISES OF AZERBAIJAN REPUBLIC

***Анотація.** Останніми роками відбулися ефективні зрушення в економіці Азербайджану і розвинулося багато галузей. Сьогодні країна намагається розвивати ненафтові галузі на підприємствах в сучасних умовах. Зміни вважаються найосновнішою характеристикою розвитку економіки Азербайджану.*

***Ключові слова:** промисловість, дорожня карта, інноваційні інвестиції, інноваційне підприємництво, рентабельність підприємництва, ефективність стимулювання, інновації у промисловій економіці.*

***Abstract.** In recent years, there have been effective shifts in the economy of Azerbaijan and many industries have developed. Today our country is trying to develop non-oil industries at enterprises in modern conditions. Change is considered the most basic characteristic in the development of our country's economy.*

***Keywords:** industry, road map, innovation investment, innovative entrepreneurship, profitability of entrepreneurship and effectiveness of stimulating innovation in industrial economy.*

The industry is developing well in Azerbaijan in recent year, so the year 2014 was declared the year of Industry. The economic development of Azerbaijan's innovative model has found its significance in the concept of «Azerbaijan 2020's perspective on the future». The main objectives of the concept were: economic and technological modernization, development of scientific and technical activities and the tasks of high efficiency of innovation activities.

In order to achieve its goals, the state should use all its capabilities as efficiently as possible. To effectively use all these opportunities, first you need to know the concept of innovation, secondly, the composition and factors that influence innovation policy.

Under the decree of the President of the Republic of Azerbaijan IlhamAliyev, the Strategic Roadmap was developed in 2016. It is based on the main direction of the national economy.

The document is intended not only for the purpose of developing the principles of global trends, but also in turn contributes to all the factors that help economic development, including, communication between representatives of the local and international private sector.

The strategic «road map» will ensure the development of the social welfare of our country and the competitiveness of the economy. Our country will enter the group of high-income countries by attracting investment, free competition, and the development of human capital.

Innovation or innovation consists of the generation of a new idea and its implementation in a new product, leading to a dynamic growth of the economy and increasing employment as well as creating a net profit for an innovative commercial enterprise.

Macro-level analysis of innovative activity in industrial enterprises of our country surrounds such stages. These include:

1. Performance of scientific and technological work of new stimulating products or technologies.
2. Testing new stimulating products or stimulating processes of technology.
3. Development and creation of infrastructure.
4. Training for the development of innovative activities.
5. Preservation of intellectual properties.
6. Creating new or stimulating products.

The products of innovative enterprises are: innovative projects; technological processes; scientific and technical achievements, principally new and improved products.

In order to develop macro level of the economy, it is necessary to determine its criteria. These criteria provide an effective solution to the development of innovative economy, environmental protection.

In scientific research of economic practice, the main criterion is the Gross Domestic Product.

Factors for the creation of GDP are as follows: qualitative and quantitative benefits of natural resources; quality of parameters and volume of fixed capital; within the framework of the factors of the national economy, an optimal division of high quality.

In addition to these criteria, there are the following criteria on the basis of which an innovative economy is chosen: direction of the environmental problem; the product level of innovation; social and economic relationship.

The economic parallel with the political reputation of Azerbaijan continues to grow. Azerbaijan, with its stable socio-economic development, has become an exporter of the model of the social state. Long-term and systematic activities are carried out in the Republic of Azerbaijan in the field of stable and competitive economic development. As a result of sustainable economic reforms and the diversity of the economy, the development of the non-oil sector has been achieved, in this area significant growth. As a result, our country, which has achieved success in such areas as science, education, infrastructure, social security and business, has become an example for the countries of the world. It is no coincidence that President IlhamAliyev stated that social problems are also solved in Azerbaijan: «Social policy has always been one of our top priorities». Over the past period, decrees and orders of the head of state, as well as approved state programs have led to the comprehensive and long-term socio-economic development of Azerbaijan. The purposefulness of the reform of the head of state allowed to succeed in such a situation, continue social and economic stability in the republic, increase non-oil industry and agriculture, while serious and serious difficulties for the world economy, oil prices fell by 3—4 times. Especially in such harsh conditions, the implementation of reliable social protection of the population is taken into account.

In modern conditions, innovation develops not only through the production of new products or the use of technology, and this gives an opportunity to swiftly flow to society, thanks to which for a short time new products are produced.

P. Drucker — an American scientist, a management theorist, noted that in the development of any organization, innovation is important.

There are provisions on innovations in a number of state programs and regulatory legal documents in Azerbaijan.

First of all, the Law of the Republic of Azerbaijan «On Science» in 2011 determines the main principles of state policy in the field of organization, management and development of scientific activities in Azerbaijan, the goals of science and scientific and innovative activity, mechanisms for financing science and stimulating scientific achievements.

According to the Law «Main Directions of the State Policy in the Field of Scientific Innovations», the family creates equal conditions for the functioning of all institutions and organizations engaged in scientific innovation activities.

A state policy in the field of scientific innovation is being created in these areas:

- definition of strategic directions of education and development of the state innovation system;
- formation of favorable conditions for financing innovative projects, attracting and encouraging investments;
- formation of an information bank of scientific innovation subjects;
- integration centers of science, education and entrepreneurship, technology parks, scientific and technological parks, technological incubator, innovation funds, innovations;
- creation of high-tech industries, markets and access to foreign markets;
- to study innovative development experience, to use it for development strategy development.

The activation of innovation activity depends on the effectiveness of the innovative activity of society. Thanks to this, the state must carry out work on effectiveness. They are as follows:

- formation of the legislative base for innovation;
- use of the information base;
- training personnel in the field of innovation.

On the part of the state, innovation is stimulated through two methods: state implementation of scientific research and verification projects;

The peculiarities of these projects are the subdivision of scientific resources in various scientific research fields, depending on the state scientific structure.

Stimulation of science by the state, features are taxation, depreciation, patents, preservation of small businesses through foreign policy.

In our republic, economic and strategic development enables the use of scientific and technical changes at enterprises within the country.

Scientists distinguish three types of effectiveness of industrial enterprises:

1. The primary economic effect is determined during the work with the plan, therefore it is considered an economic effect.
2. The expected economic effect that is determined after making decisions.
3. The actual effect is determined after work.

We can draw a conclusion that the economic effect is a general indicator of profit and loss.

For the purpose of economic efficiency, the following costs should be minimized:

$$D + K \times S_n \rightarrow \min,$$

Where D — cost price; K — capital investments; S_n — is the normative factor of the comparative evaluation.

On the topic of assessing the effectiveness of foreign scientists also said their opinion. They believe that in market relations in order to determine profitability, you need to compare profitability with sales figures. Performance indicators are calculated thus:

$$E = \frac{L}{(K_n + K_i)},$$

Where E — economic efficiency; L — economic indicator during the count-down; K_n — innovation costs; K_i — investment costs [1].

Innovative policy and innovative economy are one of the priority issues in the strategic documents of Azerbaijan. In 2016, approved by the Decree of the President of the Republic of Azerbaijan «On the Approval of the Strategic Roadmap for the National Economy and the Main Sectors of the Economy» is widely covered in innovations. The Declaration signed with the Decree, with the purpose of definition of target indicators of a steady and non-oil sector.

«The National Strategy for the Information Society Development for 2014—2020», approved by the Presidential Decree of April 2, 2014, says that it forms a competitive and high-tech sector of high technologies, the formation of an innovative system that ensures their use is the main goal of the high-tech sector. Special features were also created to promote innovative entrepreneurship, the formation of new innovative companies, science-intensive and high-tech products and their access to world markets; development of techno-parks, business incubators and innovative structures for the development and application of new knowledge and technologies [4].

Similar goals were also considered in the Development Concept «Azerbaijan 2020 vision for the future», approved by the Decree of the President of the Republic of Azerbaijan on December 29, 2012.

Let's note that in 2010, the cost of technological innovation in the country's industry amounted to 8.1 million AZN, while in 2017 this figure 1 was 16.1 million AZN. According to the figure 1, the industry development on innovations will become possible due to the formation of scientific and technical capabilities and the development of opportunities in the field of education. Adjusted for production, economic growth and

important areas with comparative achievements are necessary. The diagram is aimed at moving to the stage of overall productivity and innovation characteristics. The use of innovative technologies in industrial enterprises will be developed, specialized and general technical industrial campuses will be formed and adopted, measures will be taken to create favorable conditions for the development of investments in innovation and creativity, and sustainable development of the creative economy.

The effectiveness of innovative activity is assessed by the competitiveness of new products and its representation in the domestic and foreign markets.

In the conditions of a market economy, an increase in the importance of the effectiveness of the use of various works with the goal of creating innovations is required. The principle of effectiveness evaluation — in production is its relation and comparison of effect and costs. Three techno-parks have been formed, and various projects are expected to be implemented with the aim of implementing regional techno-parks. After the formation they must undergo an examination.

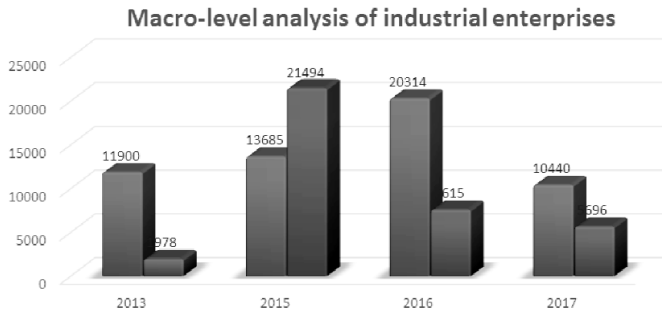


Figure 1. Dynamics of costs for technological innovation by type of innovation in industry, percentage

There were written 5 concepts of macro-level analysis of industrial enterprises:

- promotion of innovative entrepreneurship and the formation of favorable conditions for the development of new types of activities, the strengthening of advanced technologies for transfer and use;
- formation of technology parks and innovation zones for the development and use of high technology products and technologies;
- organization of the State Fund for the Development of Information Technologies for Innovative Business and the Development of the Knowledge Economy;

- promoting the development of innovative potential, in the State Program of the National Strategy for the long-term period;
- formation of a national innovation system in Azerbaijan, obtaining and expanding new knowledge and technologies in Azerbaijan.

The document considers the formation of favorable conditions for the creation of scientific research and innovation in higher educational institutions of the country.

The State Program for the Development of Industry in the Republic of Azerbaijan for 2015—2020, approved by the Decree of the President of the Republic of Azerbaijan, states that innovations play an important role in increasing the competitiveness of the industry. The document notes that industry support features include, inter alia, the creation of special economic zones, industrial parks and industrial clusters, a specific approach to specific sectors in the region, support for technology transfer and innovation.

In many countries, the policy of innovation can be divided into 4 groups depending on the level of development of countries: technology transfer; increase of internal technological potential; strengthening the innovative orientation of small and medium-sized enterprises; development of new and high-tech companies (start-ups).

We can also note about the startups of the Azerbaijan Technical University, which was carried out this year on the topic of innovation.

In the Global Competitiveness Report 2017—2018 of the World Economic Forum, Azerbaijan ranks 35th in the rating, doubling its rating. Thus, Azerbaijan still leads the CIS in the prestigious world ranking, leaving 4 out of 4 developed countries of the world. Even countries like Italy, Russia, Indonesia, India, Turkey and South Africa, which are included in the G20, also lag behind Azerbaijan due to the index of economic competitiveness [5].

There were shown two indicators in the article: the first is the macroeconomic environment, the second is technological readiness. Despite the influence of external influences, our country ranks 37th out of 140 countries in the category «macroeconomic environment». The only negative indicator of Azerbaijan in the macroeconomic environment was inflation. According to the market volume, the report does not change our position, despite the fact that there are problems in the Global Competitiveness Report 2017—2018.

References

1. A. G. Tagiev, I. A. Aslanzadeh. Innovative Management. Baku, 2017, p. 635.

2. T. Aliyev. Innovative development of Azerbaijani industry. Baku, 2014, p. 567.
3. G. Ya. Belyakova, Yu. A. Chayran. Factors influencing the development of innovative activity. Baku, 2014, p. 452.
4. State Program for Industrial Development in the Republic of Azerbaijan for 2015—2020.
5. www.stat.gov.az

OLIYNYK NADINE, Green Team Leader, Senior Student
Collingwood Collegiate Institute, Collingwood, Ontario, Canada

HUMAN HEALTH AND SAFETY THROUGH LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN

***Abstract.** LEED certification provides independent, third-party verification that a building, home or community was designed and built using strategies aimed at achieving high performance in key areas of human and environmental health: location and transportation, sustainable site development, water savings, energy efficiency, materials selection and indoor environmental quality.*

***Keywords:** green buildings, LEED certification, sustainability, prevention through Design.*

***Анотація.** У статті розглянуто переваги використання LEED сертифікації, яка забезпечує незалежну перевірку будівель за показниками якості навколишнього середовища і безпеки життєдіяльності. Житлові і громадські будівлі необхідно проектувати і будувати з використанням технологій, спрямованих на досягнення високої ефективності в ключових сферах здоров'я людини та навколишнього середовища: вибір розташування та транспортної системи, екологічна чистота земельної ділянки, економія води, енергоефективність, вибір екологічних матеріалів і якість навколишнього середовища.*

***Ключові слова:** екологічно чисте будівництво, сертифікація, сталий розвиток, проектування.*

Buildings have a substantial impact on the health and well-being of people and the planet. Buildings use resources, generate waste and are costly to maintain and operate. Green building is the practice of designing, constructing and operating buildings to maximize occupant health and productivity, use fewer resources, reduce waste and negative environmental impacts, and decrease life cycle costs. This article is about Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) certification — the most prolific green building rating system in the United States and Canada.

LEED is a building certification program designed to promote energy saving in the building industry. By following the program guide-

lines, new projects have been known to generate up to 30 percent energy savings and 35 percent reduction of carbon emissions, use 30 to 50 percent less water, and generate 50 to 90 percent waste cost savings, all for only a 1 to 7 percent increase in construction costs. First implemented for new commercial construction, LEED rating systems are now in place for existing buildings, schools, retail and healthcare, as well as systems under development for laboratories.

The first version of LEED was solidified, adopted by the U.S. Green Building Council, and launched with the help of the Federal Energy Management Program in August of 1998. Canada began to incorporate the program and LEED Canada NC-1.0 was released in 2004. Canada has been ranked second in the U.S. Green Building Council's annual Top 10 Countries and Regions for LEED certified projects. LEED buildings are also designed to support Canada's climate action efforts and goals. Since 2005, LEED certified buildings have reduced over three million MT of greenhouse gases, 16.7 million MWh of energy and 30 billion litres of water.

The basis of LEED is a point system where building projects are required to fulfill all prerequisites and minimum program requirements, while LEED credits are optional. Project teams must pursue a minimum of 40 LEED points with any combination of credits of their choosing. The LEED rating systems measure performance in seven key areas: sustainable site development, water efficiency, energy and atmosphere, materials and resources, indoor environmental quality, innovative design, and regional priority. Collective scores in each of these key areas are used to award four levels of certification. The four levels of LEED accreditation, ranked in order are Certified, Silver, Gold and Platinum, where 40–49 points achieve LEED certification, 50–59 points are awarded silver, 60–79 points earns gold certification, and 80 points or more earns a platinum certification.

LEED Certification applies to all building types at all phases of development. Because the LEED standards are flexible enough to apply to all project types, there are unique categories called LEED Rating Systems that project teams use to organize their process and documentation for a specific building type. The LEED rating systems are grouped into five main categories: Building Design and Construction; Interior Design and Construction; Operations and Maintenance; Homes and Neighborhood Development.

Canada has embraced the LEED program in nationwide building design projects, becoming the second largest ranked country for LEED

participation in the world. 2018 saw 282 LEED Certifications, bringing the total projects certified in Canada to 3712 by the end of the year. Of the 3712 certified projects in Canada, 1396 are in Ontario. The LEED program is one of several sustainability programs included in GBCI Canada. Jointly owned by the Canada Green Building Council (CaGBC) and Green Business Certification Inc. (GBCI), GBCI Canada accelerates green building market transformation and impact in Canada. GBCI Canada exclusively administers project certifications, professional credentials and certificates within the framework of the LEED green building rating systems.

LEED has transformed the design, construction, operations and maintenance industry in Canada and the US, increasing property value, reducing day-to-day costs, reducing environmental impacts and improving human health, and the program aims to continue to push the sustainability dial further. LEED is revolutionizing the way buildings are constructed in Canada and US. However, as the building industry moves forward into a new era, are workers' rights and safety being properly considered? How could such a leap affect the health and safety of construction workers?

The Identification of Safety Risks for High-Performance Sustainable Construction Projects study looked into construction projects with LEED certification. In the study, dozens of designers and contractors were interviewed, each with an average of 100 traditional construction jobs and about four LEED jobs. Out of the results, 12 LEED guidelines lead to an increase in safety risk compared to non-LEED.

Many of the problems have to do with height coupled with unfamiliar, new technology. The high-risk tasks include constructing atria and installing solar panels, attributing to a 24 percent increase in falls.

There are also more electrical currents near unstable soils and an increased use of heavy equipment on LEED projects. Even wastewater technologies have about 14 percent more exposure to harmful substances.

The Bureau of Labor and Statistics also conducted the Occupational Employment Statistics, or OES, survey. Along with the O*NET green occupational categories, about 90 percent of the construction workforce is now employed in green-related industries. Again, the increased risk of falls is a big factor when dealing with solar or wind power, as well as skylights or atriums. They also found extra exposure to hazardous materials because of weatherization.

Although LEED's push for greener, more sustainable buildings is commendable, with new evidence of injury risks to workers at LEED

sites, the Green Building Council must consider new safety guidelines. The United States Green Building Council added a new «pilot credit» for Prevention through Design to its Leadership in Energy and Environmental Design LEED rating system. The credit encourages early consideration of occupational safety and health issues throughout a building's life cycle.

Prevention through Design is a National Institute of Occupational Safety and Health's effort to prevent or reduce occupational injuries, illnesses, and fatalities through inclusion of prevention considerations in all designs that affect workers. The integration of Prevention through Design with LEED, a certification system for green buildings, arose from a National Institute of Occupational Safety and Health and United States Green Building Council partnership to explore connections between occupational safety and health issues and sustainable building practices.

United States Green Building Council tests new concepts for possible integration into LEED through the use of pilot credits, according to the organization's website. Project teams seeking LEED certification are encouraged to try to meet the criteria specified in pilot credits and are asked to provide feedback on those criteria. USGBC uses the feedback to refine the pilot credits and submits successful credits to a vote of its membership for final inclusion in LEED.

For Prevention through Design to be more broadly adopted as part of sustainable construction, practice and research opportunities (grants and funding) which include architects and designers and allow them to take the lead in Prevention through Design and own rights to the processes involved should be considered. The concept should also be included as part of the Integrative Process credit rather than a stand-alone credit. Higher order controls are more likely to be identified during the design phase compared to the construction phase.

Currently Leadership in Energy and Environmental Design is the world's most widely used green building rating system with more than 94,000 projects participating in 167 countries and territories. In addition to focusing on strategies that help address climate change, LEED prioritizes actions that promote the health and wellbeing of the people within buildings and spaces.

According to a 2018 survey released by the United States Green Building Council, employees who work in LEED-certified green buildings are happier, healthier and more productive than employees in conventional and non-LEED buildings. The survey also shows that a

majority of office workers want to work for companies that are value-oriented, take stances on important issues like sustainability, and do their part for making a positive difference in the world. In fact, 84 percent of respondents prefer to work for a company that has a strong, concrete mission and positive values.

LEED buildings are linked to improved productivity, health and wellness, and the survey showed that these attributes, as well as a space that provides clean and high-quality indoor air, directly contribute to employees feeling happy and fulfilled at work. More than 80 percent of respondents say that being productive on the job and having access to clean, high-quality indoor air contributes to their overall workplace happiness.

Literature

1. The Green Building Market in Canada: Non-Residential Advances, by Marshall Leslie of Toronto, 2008.
2. White Paper on Sustainability. A Report on the Green Building Movement. Building Design & Construction (BDC), 2003.
3. Fowler K. M, Rauch E. M. Sustainable Building Rating Systems Summary Fowler, K.M and Pacific Northwest National Laboratory, 2006.
4. Leadership in Energy and Environmental Design 2018E. Canada Green Building Council, 2018.
5. Marisa Long. Employees are Happier, Healthier and More Productive in Leadership in Energy and Environmental Design Green Buildings. U.S. Green Building Council, Oct 16, 2018.
6. Emily Folk. Green Construction and Worker Safety. Ecologist, March 19, 2019.
7. Michael Behm Michael, Pearce Annie. Occupational Safety and Health in Green Buildings: LEED PtD Pilot Credit Analysis. East Carolina University. CPWR Small Study Final Report, August 2017.

Nadine Oliytryk, oliytryk.nadine@gmail.com

БЕРМАН В. П., д-р техн. наук, провідний науковий співробітник
Інститут гідромеханіки Національної академії наук України, м.Київ
ГУСЕВ А. М., канд. біол. наук, доцент
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПИТАНЬ ЕНЕРГОСБЕРЕЖЕННЯ ТА БЕЗПЕКИ РОБОТИ СИСТЕМ ГІДРАВЛІЧНОГО ТРУБОПРОВІДНОГО ТРАНСПОРТУ СУСПЕНЗІЙ

***Анотація.** У даній статті обговорюються основи теоретичного і чисельного моделювання нестационарного турбулентного перенесення широкого класу твердих дисперсних матеріалів в різних гідравлічних системах трубопровідного транспорту.*

***Ключові слова:** трубопровідний гідравлічний транспорт, нестационарні потоки, суспензія, дисперсний матеріал, чисельне моделювання.*

***Abstract.** The theoretical approach and numerical modeling for non-steady turbulent transport of wide class of solid dispersion material in different hydraulic pipeline systems are discussed in this paper.*

***Keywords:** hydraulic pipeline transport, non-steady flows, slurry, dispersion material, numerical modeling.*

Вступ. Згідно із загальноприйнятим підходом, як першочергове завдання в галузі трубопровідного гідротранспорту твердих дисперсних матеріалів, слід розглядати вивчення сталих режимів транспортування. Саме тому, основна увага в літературі приділено розгляду подібного роду питань. Разом з тим, не менший інтерес для практики представляє також розробка гідродинамічних методів розрахунку і для випадку нестационарного руху в трубах різного роду суспензій. Важливість розглянутих завдань обумовлена, перш за все, високими вимогами до надійності (безпеки) трубопровідних гідросистем, особливо для систем зі складною структурою.

З досвіду експлуатації такого роду систем відомо, що в процесі роботи можливі постійні зміни умов транспортування, а це, в свою чергу, може викликати різкі і часто небезпечні коливання тиску і витрат.

У зв'язку з цим вже на стадії проектування необхідні зручні методи розрахунку несталого руху, що дозволяють визначити можливі коливання тиску і витрати при різних режимах експлуатації трубопровідних систем. На основі цих методів можна отримати необхідні дані для розрахунку і вибору системи захисту трубопроводів від надмірно високого тиску, а також для розрахунку і налагодження систем автоматичного управління і захисту.

1. Розробка чисельних алгоритмів розрахунку нестационарного руху суспензій в трубах

Як вже зазначалося вище, при роботі промислових і, особливо, складних гідротранспортних систем практично постійно можуть мати місце різкі коливання тиску, що іноді призводить до небажаних аварійних ситуацій. Подібного роду перехідні (нестационарні) режими роботи виникають при пусках і зупинках подачі суміші або несучої середі, під час заповнення або спорожнення системи, а також при різких змінах швидкості або концентрації суміші, яка транспортується. Повний облік нестационарності дозволить забезпечити стійку і енергозберігаючу роботу всієї транспортної системи, підвищить надійність роботи, довговічність і безпеку напірних трубопроводів і всього гідромеханічного обладнання.

На цей час відома незначна кількість робіт, що відносяться до вирішення деяких з сформульованих вище завдань нестационарного руху дисперсних сумішей в трубах. Пропоновані в цих роботах підходи, як правило, містять ряд припущень, що в окремих випадках може вплинути як на характер, так і на величини, які визначають гідродинамічні параметри [1].

У найзагальнішому вигляді задача нестационарного руху стискає мого гетерогенного середовища для випадку, наприклад, одновимірного та ізотермічного наближення повинна вирішуватися на основі отриманої в [2, 3] загальної системи рівнянь. Для повного замикання до даної системи необхідно додати також відповідні початкові і граничні умови.

У даній роботі для простоти і зручності інженерних розрахунків обговорюється один із спрощених методів моделювання подібного роду потоків. При цьому зроблено спробу запропонувати універсальний метод розрахунку, який одночасно може бути використаний як для гідро-, так і пневмотранспортних нестационарних потоків.

Так для визначеності, спільне завдання нестационарного руху, наприклад, гідросуміші, яка сформульована в рамках одновимір-

ної задачі, є окремим випадком системи рівнянь, викладеної в роботі [2, 3], і зводиться до вирішення системи двох рівнянь в частинних похідних:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho V)}{\partial t} + \frac{\partial(P)}{\partial x} + \rho \lambda^* \frac{V|V|}{2D} &= 0; \\ \frac{\partial(P)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho V)}{\partial x} &= 0, \end{aligned} \tag{1}$$

де V — швидкість руху гідросуміші, P — тиск в системі, ρ — щільність гідросуміші, a — швидкість поширення звуку, λ^* — коефіцієнт гідравлічних опорів, D — діаметр трубопроводу.

Ясно, що ще в більш спрощеному варіанті система (1) при заміні відповідних вихідних параметрів (ρ , λ^* та a) на постійні величини, рівняння (1) переходить в систему, що описує нестационарний рух однорідної рідини.

Як і більш загальна система рівнянь руху суспензії [3], так і спрощена система рівнянь (1) відноситься до гіперболічного типу і при їх вирішенні можуть бути використані одні й ті ж аналітичні або чисельні методи. Надалі, не порушуючи спільності міркувань, виключно з точки зору простоти викладу самого алгоритму розрахунку, за основу приймемо систему спрощених рівнянь (1).

Отже, задаючи початкові і граничні умови (знаючи при цьому закон зміни ρ , λ^* , і a), система рівнянь (1) може бути, в принципі, вирішена для різних режимів роботи напірних гідротранспортних систем.

Разом з тим, слід зазначити, що коректне завдання граничних умов і вибір зручного способу розв'язання системи (1) найчастіше пов'язане з певними труднощами. Зупинимось детальніше на методі вирішення цієї системи рівнянь.

У літературі відомі як аналітичні, так і чисельні методи вирішення систем рівнянь гіперболічного типу. При використанні аналітичних методів рішення, через нелінійність системи (1), передбачається попередньо виконати лінеаризацію вихідних рівнянь. Більшість авторів, стосовно подібного роду завдань, проводили лінеаризацію системи (1) шляхом заміни члена $\frac{\lambda^*|V|}{2D}$ на його постійну величину, яка дорівнює середньому значенню за координатою і часом. Крім того, при вирішенні конкретних завдань приймається $\rho = \text{const}$, що виключає можливість фазових переходів. За-

значені вище допущення призводять до того, що не завжди вдається домогтися задовільної відповідності між розрахунковими і експериментальними даними.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки універсального методу вирішення системи (1). Цілком очевидно, що в такій ситуації можливо використовувати лише чисельні методи розрахунку.

Після аналізу різних чисельних алгоритмів за основу були прийняті явні різницеві схеми Лакса і Лакса-Вендроффа, які добре зарекомендували себе в області гідро- і газодинаміки. У такій постановці вихідну систему рівнянь (1) можна вирішити з урахуванням змінного значення параметрів ρ , λ^* , і a . Ще раз відзначимо, що система рівнянь (1), загалом кажучи, моделює рух суміші в рамках одновимірної задачі. Однак, використання чисельних методів рішення, дозволило нам до низки певних задач на кожному розрахунковому кроці за координатою і часом проводити перерахунок параметрів ρ , λ^* , і a з умови стаціонарного руху суспензії несучого потоку. Такий підхід безумовно, має новизну і впровадження.

На базі запропонованої схеми нами були проведені численні розрахунки нестационарного руху однорідної рідини і гідросуміші. Зокрема, розглядалися завдання запуску і зупинки трубопровідних систем, завантаження трубопроводу твердим дисперсним матеріалом. Крім того, проводилося порівняння з відомими експериментальними даними. Всі ці розрахунки і порівняння показали достатньо високу надійність запропонованого методу розрахунку.

Розглянемо як приклад, реалізацію пропонованого алгоритму для випадку раптової або планової зупинки трубопровідної гідротранспортної системи. В цьому випадку при раптовій зупинці — швидкість суміші поблизу засувки покладається рівною нулю, а при плановому відключенні — швидкість задається згідно із законом закриття засувки. Тиск же поблизу засувки перераховується як гранична умова відповідно до системи рівнянь (1).

2. Дослідження перехідних процесів при планових і аварійних зупинках трубопровідних гідротранспортних систем. Розрахунок гідравлічного удару при раптовому і плановому закритті засувки

Прийнявши за основу систему рівнянь (1), чисельна реалізація методу розрахунку може проводитися за такою схемою.

За заданими вихідними параметрами (діаметр трубопроводу, характеристики твердого матеріалу і середня об'ємна концентрація гідросуміші) визначають середню швидкість потоку, при якій

всі тверді частинки, що знаходяться в потоці, повністю і стабільно транспортуються по трубопроводу. Ця величина, як відомо, в літературі має сенс критичної швидкості (V_k). Для визначення V_k в роботі використовувалася універсальна методика, яка була розроблена в Інституті гідромеханіки НАНУ (м. Київ). Основи цієї методики досить детально викладено в роботах [4, 5]. Далі припускається, що якщо при заданому розрахунковому кроці за координатою і часом величина $V > V_k$, то коефіцієнт гідравлічних опорів на цьому кроці обчислюється відповідно до запропонованої в [4, 5] формули для гідросуміші з щільністю ρ . Коли має місце докритичний режим течії ($V < V_k$), то рух гідросуміші замінюється рухом рідини в освітленій від осаду області. Для цих умов коефіцієнт гідравлічних опорів λ^* визначається через гідравлічний радіус освітленої області. При цьому для таких режимів враховувався час осідання частинок різної крупності на нижню стінку трубопроводу.

На основі запропонованої схеми було розглянуто ряд задач нестационарного руху одно- і двофазних сумішей.

На рис. 1, як приклад, наведена характерна залежність ударного тиску поблизу засувки при русі двох типів гідросумішей — водопіщаної суспензії і суспензії залізорудного концентрату. Принциповим в цих розрахунках є різні щільності гідросумішей і довжина транспортного трубопроводу.

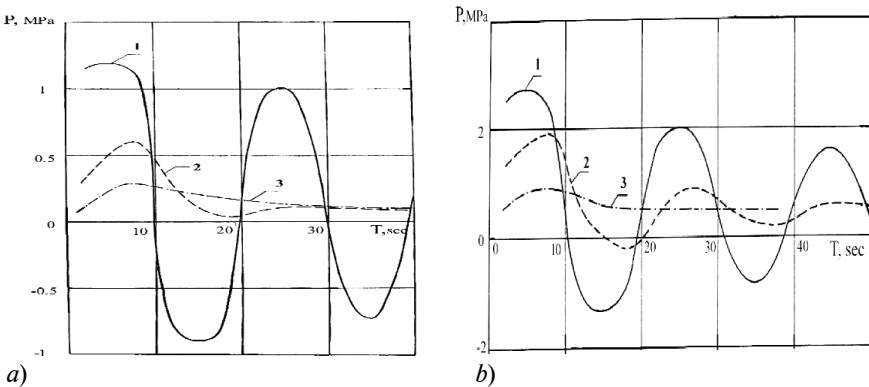


Рис. 1. Залежність тиску від часу при миттєвому (гідравлічний удар) і поступовому закритті засувки $D = 0,5$ м:

a) гідротранспорт водо піщаної суміші, довжина трубопроводу $L = 500$ м: 1 — миттєве закриття; 2 — $T_3 = 20$ сек; 3 — $T_3 = 100$ сек;

b) гідротранспорт суспензії залізорудного концентрату, довжина трубопроводу $L = 500$ м: 1 — миттєве закриття, 2 — $T_3 = 10$ сек; 3 — $T_3 = 100$ сек

Як видно з цього рисунка, загальний характер зміни ударного тиску в сумішах подібний до аналогічного процесу в однорідній рідині. Їстотна відмінність полягає, в основному, в величині і швидкості затухання гідравлічного удару.

При цьому, як видно з рис. 1, величина і швидкість зміни ударного тиску істотно залежить від щільності матеріалу, що транспортується.

При цьому, як видно з рис. 1, величина і швидкість зміни ударного тиску істотно залежить від щільності матеріалу, що транспортується.

Розглянутий простий приклад розрахунку дозволяє судити про те, як на основі рішення системи (1) можна розрахувати і управляти перехідними процесами в системах трубопровідного гідротранспорту. Іншими словами, на основі подібних розрахунків можна заздалегідь прогнозувати оптимальну (енергозберігаючу) і безаварійну (безпечну) роботу всієї гідротранспортної системи і відповідного регулюючого обладнання.

Висновки. У роботі обговорюється метод теоретичного і чисельного моделювання нестационарного турбулентного перенесення твердих дисперсних матеріалів в трубах. Загальна система усереднених диференціальних рівнянь і метод замикання цих рівнянь також є предметом досліджень даної роботи. Представлен тестовий приклад розрахунку двох типів суспензій в трубопроводі заданого діаметра і довжини. Пропонований алгоритм розрахунків може бути використаний для проектування конкретних систем гідравлічного трубопровідного транспорту суспензій.

Література

1. E. Bournaskiand, V. Berman, Waters Problems, Vol. 28, Bulgaria, Sofia, 1996. — P. 59—66.
2. Берман В. П., Бобоев Л. Г. Расчет переходных процессов в системах трубопровідного транспорта твердых дисперсных материалов. Материалы международной научно-практической конференции на тему: «Внедрение наукоёмкой техники и технологий в производстве». Технологический университет Таджикистана, часть 2, изд. «Ирфон», г. Душанбе 2013. — С. 12—17.
3. S. Kril and V. Berman, Equations of Turbulent Gas/Solids Flow, International Journal of Fluid Mechanics Research, Vol.27, No1, 2000. — P. 43—55.

4. S. Kril, Suspension Conveying Pressure Flows, Naukova Dumka, Publishing House, Kiev, 1990, 159 pages.

5. S. Kril and V. Berman, Numerical Simulation of Flows of Suspensions of Matter in Gas in Pipes under High Pressure, International Journal of Fluid Mechanics Research, Vol. 23, Nos. 1&2, 1996. — P. 22—29.

Інформація про авторів: Гусєв Аркадій Миколайович

E-mail: yk-81@i.ua

ДЕШКО В. І., доктор техн. наук, професор

БУЯК Н. А., канд. техн. наук

БІЛОУС І. Ю., канд. техн. наук

ГУРЕЄВ М. В., магістр

ГОЛУБЕНКО О. О., магістр

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ

ВПЛИВ ТЕПЛОІНЕРЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОГОРОДЖЕНЬ НА УМОВИ КОМФОРТНОСТІ ПІД ЧАС ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ РЕЖИМІВ ОПАЛЕННЯ В ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ

***Анотація.** Проаналізовано зміну енергопотреби та показників теплового комфорту для репрезентативних приміщень з різним тепловим захистом, орієнтацією та за умови застосування енергоощадних режимів опалення. Представлено залежність між зміною індексу теплового комфорту та параметрів довкілля.*

***Ключові слова:** енергопотреба, умови комфорту, радіаційна температура, переривчасте опалення.*

***Abstract.** The energy demand and thermal comfort indicators are analyzed for representative premises with different thermal protection, orientation and subject to the use of energy-saving heating modes. The relationship between the change in the index of thermal comfort and environmental parameters is presented.*

***Keywords:** energy need, comfort conditions, radiation temperature, intermittent heating.*

Від якості мікроклімату у приміщеннях залежить продуктивність праці та комфорт мешканців, який визначається суб'єктивними та об'єктивними параметрами, а відповідно до обраної моделі теплового комфорту розрізняють ще й різні показники. Забезпечення та оцінка комфортних умов є актуальним питанням і в Україні регламентується такими стандартами [1–3], на основі яких розраховують індекс теплового комфорту PMV (індекс теплового комфорту людини), PPD (прогнозований процент незадово-

лених тепловим середовищем) та визначають категорію будівлі щодо забезпечення комфортних умов.

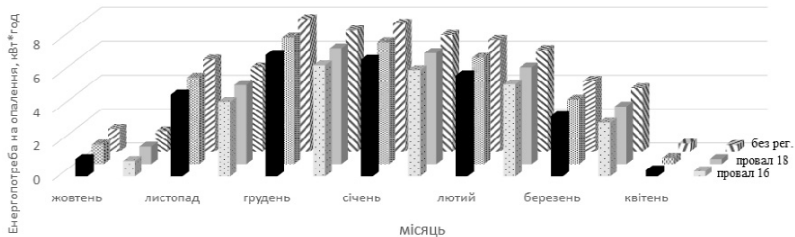
Енергоспоживання будівлі залежить від різних чинників, а рівень комфорту визначається на основі температури повітря у приміщенні. Таке уявлення покладено в основу стандартів з енергоефективності. Однак температура у приміщенні не завжди адекватно відображує почуття теплового комфорту. В останні десятиліття стрімко зростає кількість праць, присвячених питанню теплового комфорту [4, 5]. Особлива увага приділяється адаптивним моделям [6] та ексергетичному підходу до теплового комфорту [7]. Об'єктивною є необхідність поглиблення вивчення та міждисциплінарний підхід до вивчення тепловідчуттів людини та забезпечення належного рівня теплового комфорту. Такі дослідження є кроком уперед у вирішенні питання забезпечення належного рівня теплового комфорту під час створення енергоефективних будівель.

Метою роботи є аналіз впливу на індекс теплового комфорту (PMV) змінення параметрів теплоізоляційної оболонки зовнішніх стін, які мають різну географічну орієнтацію, за умови використання переривчастих режимів опалення при застосуванні динамічного моделювання теплоенергетичних процесів в будівлі.

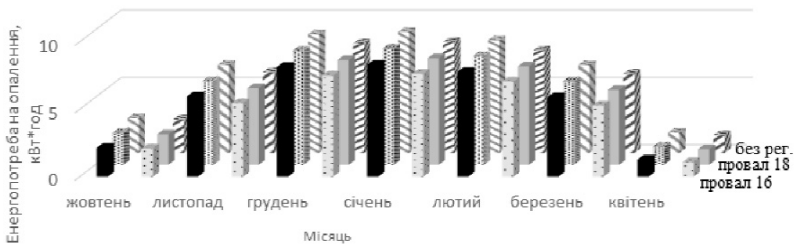
Для дослідження будівлі створено динамічні імітаційні моделі кімнат з певними теплофізичними властивостями огорожень, які орієнтовані на північну (Пн) та південну (Пд) сторони. Розміри кімнати $5,5 \times 6,1$ м, висота приміщення 3,2 м, коефіцієнт заклення 0,4. Кімната має одну зовнішню стіну довжиною 5,5 м та вікно, яке обладнане двокамерним металопластиковим склопакетом з повітряним заповненням. Несуча частина зовнішньої стіни виконана з цегельної кладки в дві цегли (500 мм). Несуча частина внутрішніх стін виконана з цегляної кладки в півцегли. Перекриття над опалювальними приміщеннями є залізобетонні товщиною 20 см. Вентиляція — природна з кратністю повітрообміну 1 год^{-1} . Шар утеплювача — 10 см. Система опалення повітряна. В дослідженні використано погодинні кліматичні дані типового року міжнародного погодного файлу IWEC для умов міста Києва, які представлені в розширенні «EPW» для легкої синхронізації з імітаційною моделлю, яку розроблено з використанням програмного продукту EnergyPlus. Суб'єктивні параметри комфортності, які впливають на PMV, прийнято такі: термічний опір одягу людини $I_{\text{clo}} = 0,155$ ($\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$); активність людини (метаболізм) $M = 70$ ($\text{Вт}/\text{m}^2$).

1. Енергопотреба та навантаження на систему опалення для різних графіків температури у приміщенні

На рис. 1 наведено річну енергопотребу на опалення у репрезентативних приміщеннях новобудов та старих будівель з різними графіками регулювання температури повітря в кімнаті (провал) та без регулювання.



а)



б)

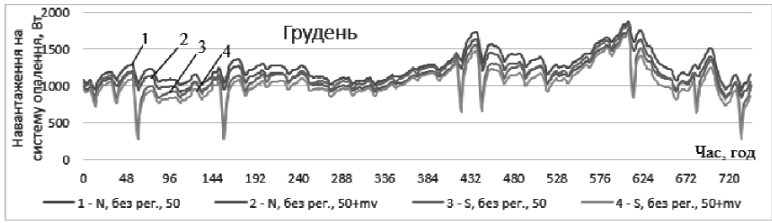
Рис. 1. Енергопотреба на опалення у впровадженні переривчастих режимів опалення для приміщень, орієнтованих на південь (а) та північ (б):

— товщина несучого шару червоної цегли 50 см;
 — товщина несучого шару червоної цегли 50 см та наявність утеплювача мінеральна вата 10 см; без рег. — без регулювання опалення, температура в приміщенні 20°C; провал 16 та 18 — рівень температури в неробочі години у впровадженні переривчастих режимів опалення, °С.

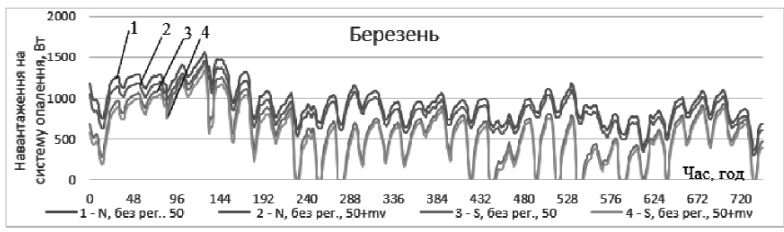
З рис. 1 випливає, що енергопотреба на опалення для зимових місяців відрізняється для північної (Пн) та південної (Пд) орієнтацій на (15—20) %, для більш теплих місяців опалювального сезону така відмінність більша та знаходиться в межах (40—65) %.

Впровадження переривчастих режимів опалення призводить до зменшення споживання тепла до 13 % упродовж усього опалювального періоду. Для зимового періоду року така економія становить (8—10) %, а для періоду міжсезоння до 25 %.

Для детального аналізу погодинних коливань навантаження виділено два місяці: для холодного періоду року з низькою сонячною активністю — грудень (рис. 2, а), для періоду міжсезоння — березень (рис. 2, б).



а)



б)

Рис. 2. Навантаження на систему опалення для грудня (а) та березня (б): S — приміщення орієнтовані на південь; N — приміщення орієнтовані на північ

Для північної орієнтації та безсонячних днів будь-якої орієнтації нанесення утеплювача більш відчутно впливає на навантаження в системі опалення. На рис. 2а разові суттєві зниження навантаження для південної орієнтації пояснюються одноденними сплесками сонячної активності. На рис. 2б для південної орієнтації для теплих місяців опалювального періоду характерні часті короткострокові відключення опалення.

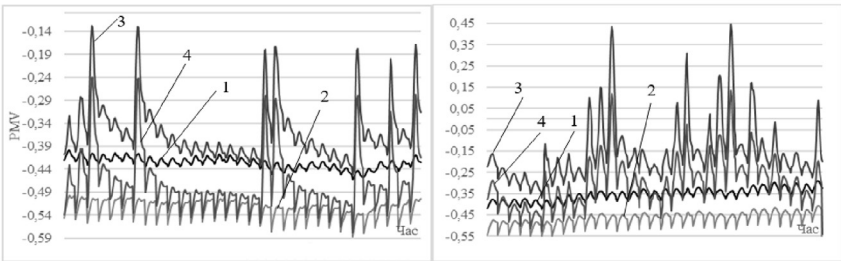
2. Індекс теплового комфорту за різних температурних режимів у приміщенні

Індекс теплового комфорту PMV розраховано для робочих годин опалювального періоду в репрезентативних приміщеннях із зовнішніми стінами, орієнтованими на Пн та Пд, під час застосування енергоощадних режимів опалення. PMV для зимових місяців має середнє значення на рівні — (0,4—0,5) з погодинними збільшеннями амплітуди коливань у період міжсезоння до 0,9—1,1.

Амплітуди коливань у період міжсезоння для Пн орієнтації є від'ємні, для Пд — додатні. Крім того, для Пд орієнтації спостерігаються окремі піки PMV для всього холодного періоду в сонячні години.

Впровадження переривчастих режимів опалення призводить до зменшення споживання тепла та зниження PMV у середньому на 20 %. Для зимового періоду зниження PMV становить (18—25) %, для періоду міжсезоння до 100 %. Встановлення додаткового шару теплоізоляції підвищує PMV на (5—40) % для стіни Пн орієнтації та на (6—80) % для Пд орієнтації.

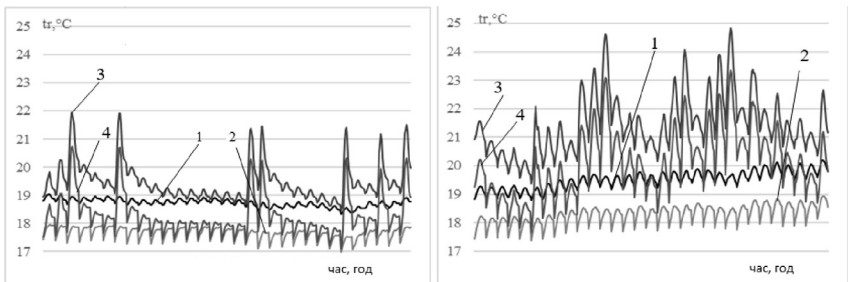
Для детального аналізу погодинних коливань PMV та середньої радіаційної температури t_r виділено два місяці: для холодного періоду року з низькою сонячною активністю — грудень (рис. 3, 4а), для періоду міжсезоння — березень (рис. 3, 4б).



а)

б)

Рис. 3. Значення PMV у грудні (а) та березні (б) в робочі години з 8 до 20.00: Пн — 1 — без регулювання; — 2 — провал 16°C; Пд — 3 — без регулювання; — 4 — провал 16°C



а)

б)

Рис. 4. Середня радіаційна температура повітря у грудні (а) та березні (б) в робочі години з 8 до 20.00:

Пн — 1 — без регулювання; — 2 — провал 16°C; Пд — 3 — без регулювання; — 4 — провал 16°C

Аналіз даних рис. 3, 4 показує, що зміни PMV піл час розгляду приміщень різної орієнтації викликані зменшенням середньої радіаційної температури для Пн, а під час застосування енергоощадних режимів опалення ще й впливом на радіаційну температуру в робочі години зниження температури повітря у приміщенні в неробочі години. У грудні найнижчі значення PMV становить мінус 0,59, що зумовлено зниженням середньої радіаційної температури до 17°C, а найвищі — мінус 0,13 за температури $t_r = 22^\circ\text{C}$. Отже у грудні регулювання для приміщення із Пн орієнтацією зумовлює зниження PMV на (16—24) %, а з Пд сторони на (16—64) %. У березні найнижчі значення PMV досягають мінус 0,55, за $t_r = 17,5^\circ\text{C}$, а найвищі — 0,45, за $t_r = 25^\circ\text{C}$. Такі показники зумовлено надходженням сонячного випромінювання та дає можливість у приміщеннях Пд орієнтації впровадити додаткове зниження температури повітря в приміщенні у години максимуму сонячних надходжень без погіршення умов теплового комфорту.

Висновки

Проведено дослідження енергопотреби будівлі та індексу теплового комфорту для утепленого та неутепленого репрезентативних приміщень з орієнтацією зовнішніх стін на південь і північ за умови застосування енергоощадних режимів опалення на основі динамічної енергетичної моделі, створеної в програмному продукті EnergyPlus. Отримано такі результати:

- впровадження переривчастих режимів опалення призводить до зменшення споживання тепла до 13 % для всього опалювального періоду. Для зимового періоду року економія становить (8—10) %, для періоду міжсезоння — до 25 %.

- впровадження переривчастих режимів опалення призводить не лише до зменшення споживання тепла, а й до зниження від'ємних PMV в середньому на 20 %, не виходячи з допустимого діапазону умов комфортності (0,5—0,5). Для приміщень з південною орієнтацією в період міжсезоння можливо додаткове зниження рівня опалення зі збереженням PMV у діапазоні умов комфортності.

- встановлення додаткового шару теплоізоляції підвищує умови комфортності за показником PMV, особливо для стін з північною орієнтацією.

Література

1. ДСТУ Б EN 15251: 2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики будівель. [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2012. — 71 с.
2. ДСТУ Б EN 15261: 2012. Розрахунок параметрів мікроклімату. [Чинний від 2013-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2012. — 81 с.
3. ДСТУ Б EN ISO 7730: 2011. Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. [Чинний від 2013-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2012. — 74 с.
4. Fanger P. O. Assessment of man's thermal comfort in practice. British Journal of Industrial Medicine. 1973. — V. 30. — P. 313—324.
5. Prek M., Butala V. Principles Comparison between Fanger's thermal comfort model and human exergy loss. Energy. 2017. — V. 138. — P. 228—237.
6. Humphreys M., Nicol F., Roaf S. Adaptive Thermal Comfort, Foundations and Analysis, Routledge. Earthscan, London, 2015.
7. Prek M., Butala V. Principles of exergy analysis of human heat and mass exchange with the indoor environment. Int J Heat Mass Transf, 53, 25-26:5806-14, 2010.

Інформація про авторів:

Дешко В. І., д-р техн. наук, професор, te@kpi.ua, тел. 050-386-88-23
Буяк Н. А., канд. техн. наук, korovaj.te@gmail.com, 098-344-74-77
Білоус І. Ю., канд. техн. наук, biloys_inna@ukr.net, 050-650-04-79
Гурсєв М. В., mksm2901@gmail.com,
Голубенко О. О., agolubenko72@gmail.com

ЕРЕМЄВ І. С., д-р техн. наук, професор

Національний Таврійський університет ім. В. І. Вернадського, м. Київ

ЄЩЕНКО О. І., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ

ПРОБЛЕМАТИКА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ГАЛУЗІ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

***Анотація.** Розглянута проблематика реформування житлово-комунального господарства з аспекту зменшення енергоспоживання шляхом застосування енергозберігаючих технологій.*

***Ключові слова:** енергозбереження, ЖКГ, реформування, енергоаудит, ефективність, інновація.*

***Abstract.** The problems of housing and communal services reformation on the aspect of reducing energy consumption by applying energy saving technologies are considered.*

***Keywords:** energy saving, housing and utilities, reform, energy audit, efficiency, innovation.*

Після здобуття незалежності перед енергетичним сектором народного господарства країни виникли такі проблеми:

- знизити рівень енергоємності виробленої продукції;
- зменшити залежність від імпорту газу, нафти та ядерного палива;
- збільшити ефективність використання енергії.

Сьогодні середній показник питомого енергоспоживання на душу населення в Україні перевищує такий в США, Німеччині, Великій Британії і середній по ЄС у 4,3—4,7 разів, а що стосується Японії, то цей показник у 7,4 раза відрізняється від характерного для сучасної Японії.

Житлово-комунальне господарство (ЖКГ), як і інші галузі економіки України, стоїть перед нагальною проблемою істотного реформування. Головна мета, кінцева ціль, етапи і підходи до вирішення проблеми сформульовані Програмою реформування галузі. Одним з напрямків, яким слід рухатися для реалізації завдань, що стоять перед галуззю, є вирішення проблем енерго- та

ресурсозбереження на підприємствах ЖКГ. Економія паливних ресурсів (а це і є один з аспектів енергозбереження) однозначно сприяє не тільки нормалізації економічного життя країни (оскільки імпорт енергоносіїв поглинає чималу частку національного бюджету та ще й ставить нашу державу в залежність від «доброї волі» постачальників палива), але й покращенню оточуючого середовища і створює підвалини для підвищення стандартів життя.

Вирішення проблеми енергозбереження може і повинно відбуватися декількома шляхами, головними з яких є наступні:

- *нормативно-організаційний*, який передбачає створення умов для стимулювання енергозберігаючих заходів шляхом розроблення відповідних законодавчих актів, нормативів, управлінських та контролюючих структур, заохочувальних фондів тощо;

- *технологічний*, який передбачає найбільш раціональне використання існуючих технологій шляхом їхньої оптимізації на базі широкого застосування комп'ютерної техніки, або використання принципово нових технологій;

- *дослідно-конструкторський*, який передбачає розробку й впровадження нових конструкцій енергогенеруючих агрегатів, компонентів і вузлів для зберігання, перетворювання та транспортування енергії, а також для її ефективного використання;

- *системний*, який передбачає розробку найбільш ефективних (з усіх точок зору) систем транспортування енергії від виробників до споживачів та її подальшого розподілу між споживачами;

- *моніторинговий*, який передбачає розробку методів та заходів для сталого контролю за кількістю та якістю як тієї енергії, що вироблена, так і тієї, що була використана споживачами, а також за станом оточуючого середовища в зоні впливу енергогенеруючих агрегатів;

- *утилізаційний*, який передбачає розробку заходів для використання тієї частки енергії, яка в звичайних умовах втрачається (розсіюється), або для використання як паливо твердих відходів, біомаси та продуктів життєдіяльності;

- *альтернативний*, який передбачає використання альтернативних («відновлюваних») джерел енергії замість (або на додаток до) «традиційних».

Зазначені вище шляхи можна узагальнити у наступні три напрямки діяльності:

- *аудит*, тобто виявлення «вузьких місць» у процесах генерування, транспортування та використання усіх видів енергії;

- **інновації**, тобто запровадження сучасних методів генерування, перетворення та транспортування енергії, економії вичерпних енергоресурсів на базі використання нових технологій, а також шляхом використання нетрадиційних, відновлюваних джерел енергії;

- **менеджмент**, тобто цільове використання енергоресурсів з урахуванням таких критеріїв, як *ефективність/вартість, ефективність/екологічність, ефективність/ризик* тощо.

Першим кроком при вирішенні проблеми енергозбереження є **енергоаудит**, оскільки необхідно мати об'єктивну інформацію про те, як фактично споживається і витрачається енергія, тобто скільки енергії і наскільки ефективно витрачається, скільки енергії втрачається за рахунок неоптимальних схем транспортування або перетворювання енергії та за рахунок невдало обраних технологій. Проблема аудита, яка має дві складові (отримання об'єктивної інформації на підставі використання стандартних методик і приладів, і аналіз отриманих даних з метою оцінювання результатів аудиту) є по суті проблемою виявлення «вузьких місць» на усій ланці від генерування енергії, її перетворення, транспортування й використання. Ця проблема вимагає для свого успішного вирішення вживання методів і засобів теорії графів (пошук критичних маршрутів), теорії ймовірностей і математичної статистики (пошук розподілів випадкових величин таких чинників, як природні фактори, запити на споживання тих чи інших послуг ЖКГ та якість цих послуг, розподілів випадків суттєвого погіршення функціонування окремих вузлів систем ЖКГ тощо), теорії ігор (моделювання конфліктних ситуацій у сфері ЖКГ), системного аналізу (виявлення прихованих залежностей ефективності функціонування окремих систем ЖКГ від зовнішніх чинників, у тому числі від роботи інших складових народного господарства та природних явищ), теорії катастроф (вивчення розвитку катастроф у будь-яких сферах діяльності суспільства з метою виявлення певних закономірностей та визначення ознак зародження катастроф на ранньому етапі, коли ще можна запобігти цим процесам, або принаймні суттєво зменшити наслідки катастрофи), теорії нечітких множин (визначення об'єктивної інформації, особливо стосовно динаміки процесів, на підставі нечітких і неповних даних). Інакше кажучи, енергоаудит — це комплексне енергетичне обстеження підприємства, яке передбачає збирання вихідних даних, складання балансів споживання й розподілу енергії, аналіз фінансової та технічної інформації, виявлення нераціональних

втрат, розробку енергозберігаючих заходів, видачу рекомендацій й визначення ефекту від їхнього впровадження. Мета проведення енергоаудиту — забезпечення енергоефективності, тобто підвищення надійності енергопостачання, розробка пріоритетних заходів з енергозбереження, економія коштів та енергоресурсів, модернізація виробництва, підвищення фінансової стійкості, досягнення енергонезалежності підприємства, скорочення прямих та опосередкованих витрат на виробництво, скорочення собівартості продукції і послуг. Алгоритм проведення енергоаудиту передбачає виконання трьох послідовних кроків: аналіз кількісних показників ефективності використання енергії; розробка заходів з енергозбереження; аналіз якісних показників, які відображують процес скорочення питомого енергоспоживання.

Розробка заходів з енергозбереження по суті трансформується у окремих напрямках діяльності — *інновацію*. Якщо енергоаудит визначає «вузькі місця» на підприємстві, то завдання інноваційних зусиль полягає у найбільш ефективному вирішенні проблеми «вузьких місць», які виявлені. Це означає, що кожному «вузькому місцю» необхідно протиставити декілька альтернатив його подолання з оцінкою усіх позитивних та негативних рис кожної з альтернатив на підставі обраного (або заданого) критерію ефективності та існуючих ресурсів підприємства і обрати оптимальний варіант рішення. Інноваційні процедури можуть запроваджуватися як одночасно, так і послідовно, починаючи з найбільш проблемного «вузького місця».

Після запровадження інновацій настає час ефективного *менеджменту*, тобто керування усім комплексом технічних засобів, технологічних процесів, інформаційних та матеріальних потоків з метою досягнення мінімізації енерговитрат на шляху створення продукції або послуг із заданими кількісними та якісними показниками. Процедура опрацювання тієї чи іншої стратегії менеджменту може бути охарактеризована наступним короткем:

$$PP: \rightarrow K < A, T_A, E, P_A, R >,$$

де A — множина альтернатив, тобто варіантів рішень, які задовольняють обмеженням задачі і є засобами досягнення мети, що сформульована особою, що приймає рішення (ОПР), а також притаманні їм множини «дрібниць» T_A , які можуть за певними умовами ініціювати той чи інший небажаний розвиток подій; E — середовище задачі PP , тобто умови, за якими відбувається PP , у тому числі й умови функціонування даної конкретної організаційно-технічної системи, і які треба враховувати при

формалізації й вирішенні задачі; P_A — система переваг ОПР (тобто сукупність уявлень ОПР про критерії досягнення мети, переваги та недоліки окремих альтернатив, що розглядаються, з точки зору реалій конкретного підприємства, а також з точки зору можливості урахування тих чи інших «дрібниць»), яка дозволяє виконувати цілеспрямований вибір елементів з множини A відповідно з певною процедурою R над множиною альтернатив A , причому R характеризує тип задачі PP (пошук найбільш привабливої альтернативи, відокремлення множини альтернатив, які не є домінуючими, лінійне упорядкування множини альтернатив, які є припустимі тощо).

Треба відзначити, що саме система переваг ОПР і є вирішальним компонентом PP . Однак ця система «спрацьовує» звичайно за умов «прозорості» та однозначності критеріїв, що визначають бажану оптимальну альтернативу. У реальних обставинах P_A часто характеризується концептуальною невизначеністю («непрозорістю»), відсутністю чітких меж (розмитістю), що не дозволяють впевнено обрати ту чи іншу альтернативу з підмножини найбільш з точки зору ОПР перспективних. У таких обставинах варто звернутися до використання у процесі PP наступного підходу. Його зміст полягає у тому, що усі дані, що характеризують конкретну альтернативу, формуються у свого роду спектральну характеристику, в якій кожний компонент «спектра» розміщується у раз і назавжди закріпленому для нього місці («жорсткий формат»), причому амплітуда «спектральної» лінії (або її зворотна величина, якщо вона є негативною рисою альтернативи) характеризує відносне значення відповідного компоненту, яке може мати або вигляд відсотку від максимально можливого значення, або ж характеризуватися певними поняттями з царини теорії можливостей (як, наприклад, «релевантний», «конформний», «тотожний» тощо), які теж надаються у вигляді чисел від 0 до 1 (відсутність того чи іншого компоненту «спектра» в реальній характеристиці при цьому виглядає як компонент з нульовою амплітудою так що, наприклад, компонент, який не має ніякого відношення до проблеми, що розглядається, характеризується числом 0, до певного ступіню релевантний до проблеми — числом 0,25, суттєво релевантний — числом 0,50, конформний — числом 0,75, а тотожний — числом 1,00). При цьому крива, що огинає «ідеальну» спектральну характеристику (тобто характеристику, «спектральні» лінії якої мають одиничні значення) буде мати вигляд прямої, паралельної осі абсцис. Криві, які обгинають реальні спектральні характеристики,

будуть у тій чи іншій мірі відрізнятися від «ідеальної». Як міра невідповідності реальної характеристики ідеальній (у даному конкретному випадку) може бути використана наступна евклідова метрика, яка є зворотною до функції належності:

$$D_{r=1,R} = \sqrt{\left(\frac{1}{j-1}\right) \sum_{j=1,n} [1 - x_{rj}]^2},$$

де J — загальна кількість «спектральних» ліній, які включають також і «спектри дрібнот», R — загальна кількість альтернатив, що розглядаються (відповідно, j та r — номери «спектрів» та альтернатив, що розглядаються у даний момент), x_{rj} — числове значення j -ї «спектральної» лінії r -ї альтернативи.

При цьому оптимальною альтернативою буде альтернатива, яку характеризує мінімальна метрика, тобто така, яка відповідає наступній умові:

$$D_r(opt) = \max [D_1, \dots, D_R].$$

Інакше кажучи, послідовно визначається k -та оптимальна альтернатива з множини альтернатив, у яких замість кожної попередньо визначеної оптимальної (мінімальної) метрики підставляється її максимальне (одиничне) значення $D_r(opt)$: $\rightarrow 1$, причому якщо чергова метрика дорівнює або перевищує припустимі межі $D_k \geq D(\max)$, подальший пошук альтернатив припиняється, як і у разі, коли кількість послідовно визначених альтернатив досягне загальної кількості альтернатив у множині A , тобто коли $k = R$. При цьому усі визначені таким чином альтернативи автоматично упорядковуються згідно з монотонно наростаючими значеннями метрики й отримують відповідні номери (k).

Зазначений підхід до прийняття рішень дозволяє уніфікувати саму процедуру, зробити її стандартною для вирішення будь-яких проблем як менеджменту, так і інновацій.

Окремо слід зупинитися на головних напрямках енергозбереження в різних підгалузях ЖКГ. У сфері теплопостачання «вузькими місцями» є, з одного боку, сама проблема генерування тепла, тобто паливні ресурси, а з іншого — транспортування тепла. Перша проблема може бути кардинально вирішена лише за рахунок використання як палива органічної складової твердих побутових відходів (ТПВ) шляхом газифікації (піролізу) з використанням отриманих горючих газів у комбінованих комплексах «Газова турбіна + парова турбіна + електрогенератор» або ж шляхом без-

посереднього чи комбінованого спалювання з отриманням теплової та електричної енергії. Друга проблема (втрати енергії під час транспортування й розподілу) має вирішатися як шляхом використання нових методів прокладання заздалегідь ізольованих трубопроводів, так і шляхом скорочення теплотрас за рахунок поширення локальних та автономних систем тепlopостачання. У сфері водopостачання також існує два головні напрямки енергозбереження: суттєве покращання систем водopостачання та водорозподілу (у тому числі й роботи насосних агрегатів за рахунок частотного регулювання обертів) і оптимізація процесів очищення води. У сфері міського транспорту головні проблеми: оптимізація маршрутів, створення транспортних розв'язувань, розбудова й модернізація шляхів — з одного боку, і перехід на екологічні види палива (скраплений газ, дизельне пальне, електрифікація транспорту) — з іншого. У сфері поводження з ТПВ є свої «вузькі місця»: вирішення проблеми роздільного збирання відходів (що сприятиме у кінцевому результаті економії енергії та ресурсів); мінімізація полігонів за рахунок запровадження рециклінгу та утилізації органічних складових ТПВ в якості палива.

Успішне вирішення проблем, про які йшлося, забезпечить наше господарство не тільки додатковою електричною та тепловою енергією, але й дозволить зекономити чималу кількість енергії та ресурсів.

***Інформація про авторів: Єщенко О. І., канд. техн. наук, доцент,
aieschenko@ukr.net***

ЖУКОВА Н. І., канд, техн. наук, доцент

СМОЛЯР В. Г., інженер

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

ВИДОБУТОК БУРОГО ВУГІЛЛЯ З ПОДАЛЬШОЮ ЙОГО ГАЗИФІКАЦІЄЮ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ПРОБЛЕМИ В УКРАЇНІ

***Анотація.** Обґрунтовано доцільність розробки буровугільних родовищ України з подальшою газифікацією видобутого бурого вугілля для забезпечення потреб промислових підприємств та населення у зв'язку з зростанням цін на енергоносії. Це дозволить зекономити понад 3000 грн. на кожній 1000 м³ заміщеного природного газу. Новизна полягає у впровадженні промислової газифікації бурого вугілля, яка на даний час в Україні не застосовується.*

***Ключові слова:** буре вугілля, геологічні запаси, газифікація, газогенератор, забруднення довкілля.*

***Abstract.** The expediency of the development of brownfield coal deposits of Ukraine with further gasification of the extracted brown coal for the needs of industrial enterprises and the population in connection with the growth of energy prices has been substantiated. This will save you more than 3000 UAH. for every 1000 m³ of replaced natural gas. Novelty is the introduction of commercial gasification of brown coal, which is currently not applicable in Ukraine.*

***Keywords:** brown coal, geological reserves, gasification, gas generator, pollution of the environment.*

На сьогодні, у зв'язку з труднощами в забезпеченні України нафтою і газом, особливої актуальності набуває використання нетрадиційних джерел енергії — вітру, сонця, біогазу. Одним зі способів вирішення проблеми може бути розширення сфери використання у великій і малій теплоенергетиці бурого вугілля, що певною мірою сприятиме стабілізації паливно-енергетичного балансу країни та створенню резерву часу для розвитку вугільної промисловості. Традиційне спалювання бурого вугілля призводить до за-

бруднення доквілля оксидами азоту, сірки, вуглеводнями та іншими шкідливими речовинами. Зростання споживання видобувного вугілля супроводжується збільшенням екологічного навантаження на доквілля, оскільки при спалюванні та переробці вугілля утворюється більше шкідливих побічних продуктів у порівнянні з нафтою і газом. Запаси бурого вугілля в Україні досить поширені та представлені великою кількістю родовищ. Балансові геологічні запаси оцінюються в 6—8 млрд тонн [1, 2]. Співвідношення запасів паливних корисних копалин в Україні таке: вугілля — 86,5 %, нафта — 0,46 %, газ — 1,45 %, горючі сланці — 9,7 %, торф — 1,88 %, а співвідношення споживання паливних корисних копалин в Україні становить: вугілля — 37,75 %, нафта — 16,8 %, газ — 43,45 %, горючі сланці — 1,4 %, торф — 0,6 %.

До 90-х років минулого століття видобуток бурого вугілля відбувався на таких розрізах, як Верболозівський, Костянтинівський, Ново-Олександрівський, Балаховський, Сула-Удайський. Були розроблені проекти видобутку бурого вугілля на розрізах Березівський, Верхньодніпровський, Андрушівський та ін. Видобуте вугілля призначалося для брикетування та спалювання на ТЕЦ.

Оскільки значну кількість теплових станцій (ТЕЦ) було переведено на природний газ, роботу буровугільних підприємств було зупинено, подальша їх розробка вважалась недоцільною. У зв'язку зі скороченням запасів нафти і газу та значним зростанням цін на енергоносії, актуальним для України є пошук нових енергоресурсів. Одним із паливних ресурсів, який може сприяти стабілізації паливно-енергетичного балансу країни є буре вугілля.

Збільшити видобуток бурого вугілля можна лише шляхом докорінної реконструкції та будівництва нових вугільних розрізів і шахт. У свою чергу, це вимагає тривалого часу і великих капітальних вкладень.

Як приклад можна навести Березівський розріз із геологічними запасами 19,95 млн. тонн. Вологість вихідного вугілля для процесу газифікації — до 65 %, зольність — до 40 %. Оптимальна зольність — 20 %.

Видобуток та подальша газифікація бурого вугілля можуть достатньою мірою забезпечити газом Олександрійський район, у якому 70 % споживачів природного газу — це населення, 25 % — підприємства теплоенергетики, 5 % — об'єкти промисловості.

Загальна чисельність населення Олександрійського району становить 41 тис. осіб. У середньому обсяги споживання природ-

ного газу — 434,3 м³/(ос.·рік). Щорічна потреба в споживанні газу населенням на опалення та інші потреби становить 17,8 млн м³. Підприємства теплоенергетики та промисловості споживають газ обсягом — 7,65 млн м³/рік. Загальна кількість спожитого газу в Олександрійському районі дорівнює 25, 5 млн м³/рік.

Газифікація має найбільше значення для місцевого газопостачання районів, віддалених від родовищ природного газу і нафти або від магістральних трубопроводів. Перед процесом газифікації буре вугілля подрібнюють та, за необхідності, підсушують (необхідна вологість в межах 10—65 %). Дуже важливо привести буре вугілля до необхідної крупності — це може бути газифікація кускового (> 3мм), дрібнодисперсного (1—3 мм) і тонко дисперсного (<0,1 мм) вугілля [3].

Основні напрями газифікації вугілля і склад продуктів наведено на рис. 1.

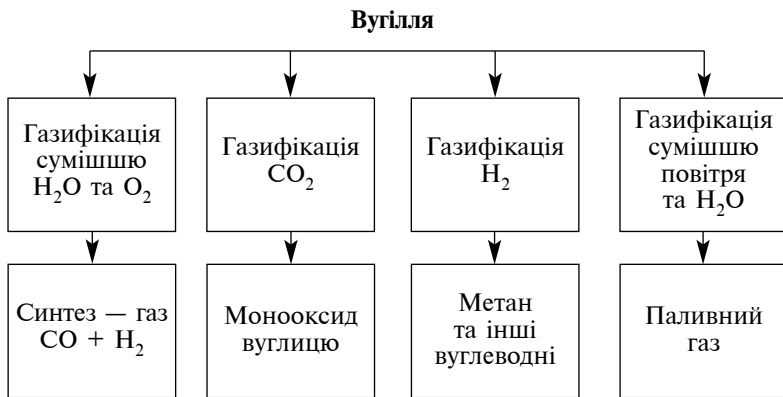


Рис. 1. Способи газифікації вугілля

На рис. 2 зображено технологічну схему модульної установки для переробки вугілля в паливні компоненти.

На рис. 3 наведено принципову схему газогенератора і газогенераторного процесу [3]. Газогенератор являє собою вертикальну камеру (шахту), виготовлену з будівельної цегли і викладену всередині вогнетривом 2. Через отвір 3, розташований у верхній частині газогенератора, в камеру завантажується шар палива (вугілля, коксу) різної фракції, підтримуваний колосниковими ґратами 4, під які через спеціальний отвір 5 подається повітря, кисень або пар залежно від застосованої технології.

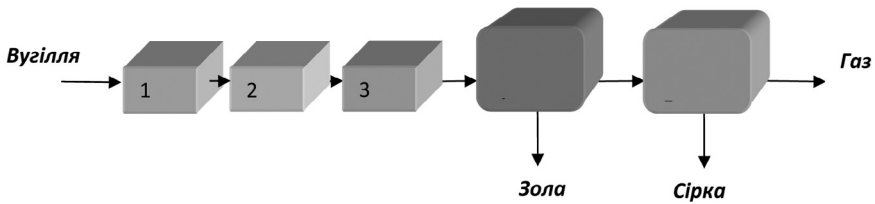


Рис. 2. Технологічна схема модульної установки для переробки вугілля
 1 — вузол подрібнення вугілля; 2 — грохот; 3 — вузол сушки вугілля; 4 — газогенератор; 5 — блок очистки газів

Утворений в шарі палива газ відводять через отвір 6, розташований над шаром палива в стінці газогенератора. Шлаки та зола видаляються через дверцята 7, що знаходяться у стінці шахти. Паливо, що завантажується в газогенератор завдяки безперервному його витрачання поступово спускається вниз. У верхній частині шару палива, що називається зоною підсушування, паливо прогрівається і підсушується гарячими газами, що надходять знизу.

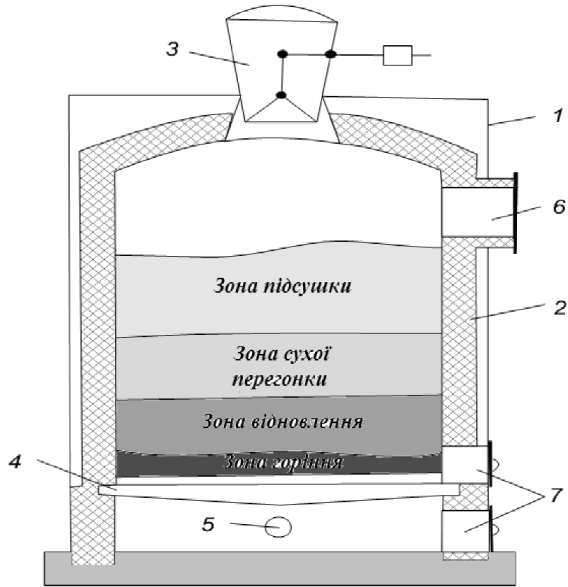


Рис. 3. Схема газогенератора та газогенераторного процесу:
 1 — газогенератор з листової сталі; 2 — теплоізоляція (вогнетривка цегла); 3 — бункер завантаження палива; 4 — колосникові ґрати; 5 — отвір для подачі повітря та пару; 6 — отвір для відведення газу; 7 — дверцята для видалення шлаку і золи

У середній частині шару, яка називається зоною сухої переробки, паливо під впливом газів з температурою 550—800°C піддається розкладанню: утворюються гази, пари смоли, волога; паливо перетворюється в напівкокс і кокс. Нижче, в зоні газифікації, де температура перевищує 1000°C, кокс взаємодіє з газами дуття. У результаті реакцій з вільним киснем дуття, який в зоні газифікації повністю витрачається, вуглець палива перетворюється в CO і CO₂, водяна пара реагує з вуглецем з утворенням H₂, CO та CO₂.

Газифікація вугілля є складним багатостадійним гетерогенним фізико-хімічним процесом.

При цьому протікають основні первинні реакції вуглецю вугілля з киснем і водяною парою.

Газоподібні продукти, що утворюються за реакціями, реагують між собою, а також вступають у взаємодію з первинними вуглецем палива та окиснювачами. Можливе також застосування гідрогазифікації — газифікації воднем. При цьому метан може вступати в реакції конверсії з водяною парою і оксидом вуглецю.

Газифікуючими агентами служать повітря, кисень і водяна пара.

Температура газифікації в залежності від застосованої технології може коливатися в широких межах 850—2000°C. Чим вище вологість сировини, тим вище температура газифікації. Діапазон тисків газифікації від 0,1 до 10,0 МПа і вище.

Газифікація під тиском доцільна у випадках отримання газу, що використовується потім в синтезах, які проводяться при високих тисках (знижуються витрати на стискання синтез-газу).

При підвищенні температури можна переробляти малореакційне та коксівне вугілля широкого гранулометричного складу.

Для газифікації під високим тиском пилоподібних палив у газогенератор слід подавати водяну суспензію вугілля концентрацією до 70 %. Недоліком цього способу подачі вугілля є значна витрата тепла на випаровування води в газогенераторі, але вугілля не потребує попереднього підсушування, і виключається подача пари в газогенератор.

Газифікатор бурого вугілля з 1 тонни сировини виробляє 3800 м³/год генераторного газу калорійністю 1200 ккал/м³, що еквівалентно 550—600 м³ природного. Для отримання генераторного газу, еквівалентного 1000 м³ природного необхідно 1,3 тонни бурого вугілля.

Споживання електроенергії становить 55 кВт · год/т. Пропонується установка когенерації — спільне вироблення електричної і теплової енергії. Установка блоку когенерації дозволить виробити

з генераторного газу теплову та електричну енергію. Собівартість одного кВт не перевищує 55 коп., що дозволить зекономити 50 % вартості електроенергії. Щоб виробити генераторний газ для заміщення 1000 м³ природного необхідно витратити 95,7 кВт · год.

Собівартість генераторного газу еквівалентного за теплотворністю 1000 м³ природного, враховуючи собівартість вугілля, становить 365,2 грн./тис. м³.

Економія від використання генераторного газу становить понад 3000 грн. на кожні 1000 м³ заміщеного природного газу.

Олександрійський район щорічно споживає 25,5 млн м³/рік. газу, вартістю 89,2 млрд грн/рік. При використанні установок газифікації бурого вугілля, яким багатий регіон, економія становить 9,31 млрд грн./рік.

Висновки. Впровадження новітніх технологій газифікації бурого вугілля дозволить вирішити проблему стабілізації паливно-енергетичного балансу України та створення резерву часу для розвитку вугільної промисловості. Цей напрям дозволяє забезпечити газом райони, віддалені від родовищ природного газу і нафти або від магістральних трубопроводів.

Економія від використання генераторного газу становитиме 1760 грн./тис. м³ на кожні 1 тис. м³ заміщеного природного газу.

Україна, маючи значний науковий та виробничий потенціал, має реальну можливість вирішити паливно-енергетичну проблему шляхом газифікації бурого вугілля, що дозволить вивести країну з розряду енергодефіцитних.

Література

1. Дриженко А. Ю. Буре вугілля України: умови залягання та перспективи освоєння: навч. посіб. / А. Ю. Дриженко, О. О. Шустов; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. — Дніпропетровськ: НГУ, 2015. — 332 с.

2. Дроздик І. Д. Буре вугілля: Ресурси. Властивості. Переробка / І. Д. Дроздик, Ю. С. Кафтан, Ю. Б. Должанська та ін. // Кокс та хімія. — 2002. — № 9. — С. 43—45.

3. Зубілін І. Г. Отримання синтез-газів для виробництва екологічно чистих моторних палив: теорія та технологія / І. Г. Зубілін, В. І. Рудика // Харківський національний університет. — Харків: 2002. — 315 с.

Інформація про авторів: Жукова Наталія Іванівна
NataliaZ127@ukr.net

ЗАЦАРНИЙ В. В., канд. техн. наук, доцент, дійсний член (академік) МАБЖД
Національний технічний університет «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ – ПЕРШИЙ КРОК У ПІДВИЩЕННІ ЗАГАЛЬНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОНОМІКИ ДЕРЖАВИ

***Анотація.** Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року зазначив, що показники первинної енергоємності та кінцевої енергоємності в Україні залишаються на значно вищому рівні порівняно з країнами-членами ЄС. Здійснення заходів у рамках впровадження цього плану повинно дати змогу досягти цільового показника у 2020 році — національної індикативної мети енергозбереження — на рівні 9 % середнього показника кінцевого внутрішнього енергоспоживання за період 2005—2009 рр. Прийняття Закону «Про енергетичну ефективність будівель», яким запроваджується обов'язкова енергетична сертифікація та визначення класів будівель згідно з європейською методикою, наближає країну до появи будинків із нульовим споживанням енергоресурсів, що відповідає міжнародним стандартам і дозволить істотно економити на житлово-комунальних послугах.*

***Ключові слова:** енергоефективність, енергоємність, енергозбереження, термомодернізація житлових будівель.*

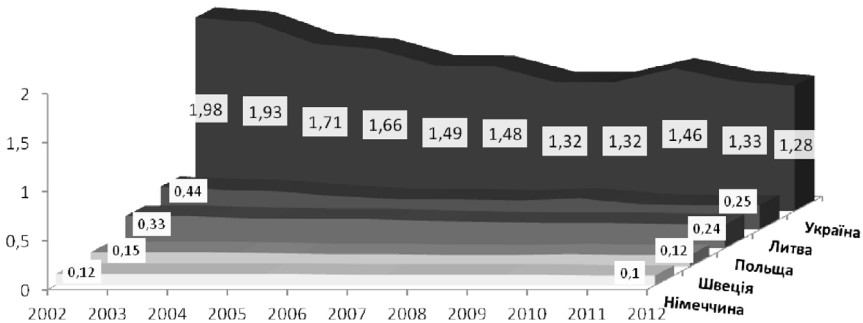
***Abstract.** The National Energy Efficiency Action Plan for the period up to 2020 noted that the primary energy intensity and final energy intensity in Ukraine remain at a much higher level than the EU member states. Measures to implement this plan should enable 2020 target achievement, the national indicative energy saving target, at 9% of the average end-of-year energy consumption for the period 2005—2009. The adoption of the Law «On Energy Efficiency of Buildings», which introduces compulsory energy certification and the definition of building classes according to the European methodology, brings the country closer to the emergence of houses with zero energy consumption that meets international standards and will significantly save on housing and communal services.*

***Keywords:** energy efficiency, energy consumption, energy saving, thermomodernization of residential buildings.*

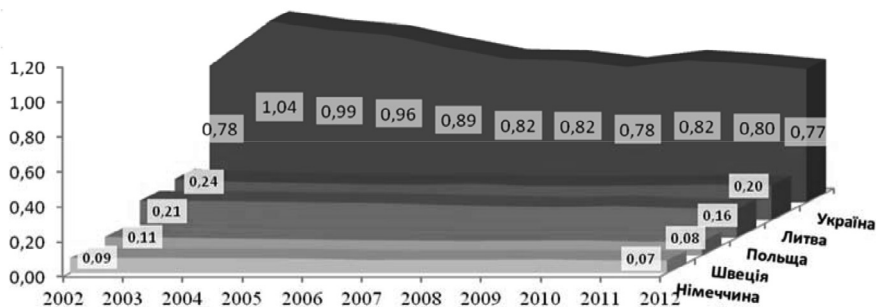
Довгий час в нашій країні йшли пусто-порожні балачки щодо енергоефективності нашої економіки доки 25 листопада 2015 року на засіданні Кабінету Міністрів України не було схвалено проект розпорядження «Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року» [1]. У цьому документі було зазначено, що показники первинної та кінцевої енергоемності в Україні залишаються на значно вищому рівні порівняно з країнами-членами ЄС. Якщо порівняти з такими країнами як Литва, Польща, Швеція, Німеччина це перевищення становить 5—13 раз (діаграми 1 і 2).

Національний план розроблявся в тісній співпраці із європейськими та вітчизняними експертами і науковцями. Прийняття Україною Національного плану дій є одним із основних зобов'язань в рамках імплементації Директиви 2006/32/ЄС щодо енергетичної ефективності кінцевого використання енергії та енергетичних послуг [2] (далі — Директива). Імплементація цього документа передбачена Угодою про Асоціацію в рамках реалізації Договору про заснування Енергетичного Співтовариства [3].

Згідно з Планом, передбачено досягнення у 2020 році національної індикативної мети щодо енергозбереження у розмірі 9 % від середнього показника кінцевого внутрішнього енергоспоживання за період 2005—2009 рр., що становить 6,5 млн тонн нафтового еквіваленту. Досягти цих показників планується шляхом реалізації заходів у чотирьох основних секторах кінцевого споживання енергії. Перший — побутовий сектор, у якому очікується найбільший ефект. Далі сектор послуг, до якого входить енергоспоживання бюджетних установ, третій сектор — промисловість, сільське господарство тощо та четвертий — транспорт.



Діаграма 1. Загальне постачання первинної енергії в Україні та інших країнах світу, 2002—2012 рр., тне*/ВВП 1000 доларів США (2005)



Діаграма 2. Динаміка кінцевої енергоємності за деякими країнами світу, 2002—2012 рр., тне/ВВП 1000 дол. США (2005)
тне — тон нафтового еквіваленту

Серед основних заходів: сприяння залученню інвестицій в термомодернізацію житлових будівель та будівництво споруд з близьким до нульового споживанням енергії; адаптація стандартів палива та технологій його використання до європейських; запровадження сертифікації енергетичної ефективності будівель, системи енергоаудиту та енергоменеджменту; встановлення мінімальних вимог до енергоефективності будівель та енергоспоживчих продуктів (обладнання); забезпечення функціонування системи енергетичного маркування електрообладнання побутового призначення. Також забезпечення 100-відсоткового комерційного обліку споживання газу, теплової енергії та води і впровадження рахунків про оплату спожитої енергії з інформаційно-аналітичними даними щодо динаміки обсягів споживання енергії та комунальних послуг та ряд інших.

Загалом прийняття Національного плану — це послідовне запровадження Урядом європейських підходів до реалізації державної політики у сфері енергоефективності.

Здійснення заходів у рамках впровадження Національного плану повинно дати змогу досягти цільового показника у 2020 році — національної індикативної мети енергозбереження на рівні 9 % середнього показника кінцевого внутрішнього енергоспоживання за період 2005—2009 рр. Крім того, Національним планом передбачалось досягнення проміжного показника енергозбереження у 2017 році на рівні 5 %.

На початку другого тисячоліття 60 % загального постачання первинної енергії забезпечувалося за рахунок внутрішніх ресурсів,

з яких 21,8—25,6 % за рахунок вугілля, 9,2—11,3 % — природного газу, 2,6—2,8 % — нафти та нафтопродуктів і 11,5—16,0 % — енергії, виробленої на атомних та гідроелектростанціях. На сьогодні структура загального постачання первинної енергії не відповідає ресурсному потенціалу України.

Динаміка кінцевого споживання енергії перебувала під впливом тих же факторів, що і показники загального постачання енергії та не характеризувалася яскраво вираженими стійкими тенденціями.

На підставі статистичних даних щодо кінцевого енергоспоживання за період 2005—2009 рр. була визначена проміжна національна індикативна мета енергозбереження, що становить 3612 тис. тонн нафтового еквіваленту у 2017 році, та загальна національна індикативна мета енергозбереження — 6 501 тис. тонн у 2020 році.

Досягнення цієї індикативної мети передбачається в процесі реалізації Національного плану — Україна повинна впроваджувати нормативно-правові, фінансові та інші заходи з метою повної імплементації положень Директиви 2006/32/ЄС щодо енергетичної ефективності кінцевого використання енергії та енергетичних послуг [2].

Для побутового сектору заходи з підвищення енергоефективності включають:

- запровадження 100-відсоткового комерційного обліку використання енергії;
- удосконалення будівельних норм та стандартів (зокрема забезпечення щорічного збільшення кількості новозбудованих будівель з близьким до нульового споживанням енергії);
- впровадження схем енергоаудиту та сертифікації, енергетичного маркування та зазначення інформації про обсяг споживання енергії для енергоспоживачих приладів;
- введення мінімальних стандартів енергоефективності;
- фінансову підтримку домогосподарств для здійснення заходів із підвищення рівня енергоефективності житлових будинків;
- проведення інформаційних кампаній для забезпечення економії енергоресурсів через зміну поведінки споживачів енергії та більш масштабних заходів.

Аналогічні оцінки були зроблені для розподілення цільового скорочення кінцевого енергоспоживання за секторами економіки (таблиця 1).

Таблиця 1

Розподіл орієнтовних очікуваних результатів за секторами економіки

Сектори — кінцеві споживачі енергії	Розподіл очікуваних результатів	Частка у структурі очікуваних результатів, показник
	тис. тонн	%
Побутовий сектор	3226	49,6
Промисловість та сільське господарство	1610	24,8
Сфера послуг	1041	16,0
Транспорт	624	9,6
Разом	6501	100

З огляду на отримані результати можна зробити висновок, що всі сектори мають значний потенціал для енергозбереження, але найбільший внесок у цьому процесі може зробити населення (майже половина, — 49,6 %). Дещо незначна частка промисловості в енергозбереженні порівняно з обсягами її споживання може бути пояснена тим, що заходи в житлових приміщеннях є більш економічно привабливими і строк повернення інвестицій є більш коротким. Можна очікувати, що під час реалізації зазначеного потенціалу енергозбереження в житловому секторі після 2020 року частка промисловості буде значно більшою.

У житловому секторі найбільший внесок (78 %) в енергозбереження може забезпечити модернізація систем опалення приміщень (у тому числі, санація, заміна котлів, теплові насоси), збільшення частки централізованого теплопостачання, а також водонагрівального обладнання (з можливим використанням сонячних колекторів). Економія енергії може бути досягнута також за рахунок використання енергоефективних (електричних) приладів та сучасних засобів освітлення.

У структурі енергозбереження в секторі послуг, як і в житловому секторі, більшу частку займає модернізація систем опалення приміщень (57 %), де можуть бути застосовані такі ж заходи. Важливе місце в енергозбереженні в секторі послуг займає модернізація (заміна) існуючих систем внутрішнього та вуличного освітлення і гарячого водопостачання.

Як відмічалось у статті раніше, Національний план дій визначає проміжну мету — у 2017 році скоротити енергоспоживання в розмірі

5 %. На жаль, у доступних джерелах такої інформації автор не знайшов, зате відмічає, що того року було прийнято Закон № 2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель» [4], який наближає країну до появи будинків із нульовим споживанням енергоресурсів, що відповідає міжнародним стандартам, і дозволить людям істотно економити на житлово-комунальних послугах. Головною метою Закону є визначення правових, економічних та організаційних основ діяльності у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель, а також створення умов для раціонального споживання в них енергетичних ресурсів. Це означає, що на практиці Закон повинен сприяти зменшенню витрат на оплату комунальних платежів, а саме за опалення, підведення гарячої води та електроенергію.

Законом вводиться обов'язкова енергетична сертифікація та визначення класів будівель згідно з європейською методикою.

Закон визначає сертифікацію енергетичної ефективності як вид енергетичного аудиту, під час якого здійснюється аналіз інформації щодо фактичних або проектних характеристик огорожувальних конструкцій та інженерних систем, оцінюється відповідність розрахункового рівня енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель та надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, що враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими. Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності будівель встановлюється статтею 7 Закону.

Зокрема, об'єкти будівництва та вже побудовані будівлі повинні будуть пройти сертифікацію енергетичної ефективності з метою визначення фактичних її показників, проведення оцінки відповідності зазначених показників встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель. За результатами оцінки кожному будинку присвоюється певний клас. Більше того, якщо будинок покращує свій клас енергоефективності, йому буде надаватися державна підтримка.

Обов'язковій сертифікації енергоефективності підлягають:

- об'єкти будівництва, будівель і частин будівель, що здаються в оренду на термін понад рік;
- будівлі з опалювальною площею понад 250 м², у яких розташовані державні органи і проводиться прийом громадян;
- будівлі, в яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка і яка спрямована на досягнення класу енергоефективності будівлі не нижче мінімальних вимог.

Положення закону не поширюються на об'єкти культурної спадщини; будівлі промислового і сільськогосподарського призначення, енергетики, транспорту, зв'язку, оборони; культові споруди; тимчасові споруди та на індивідуальні будинки. При цьому, слід зазначити, що остання категорія підлягатиме сертифікації у випадках отримання державної підтримки на здійснення термомодернізації або сертифікації за бажанням власника.

Сертифікація буде проводитися на договірних засадах із метою визначення фактичних показників енергоефективності будівель і оцінки їх відповідності мінімальним вимогам до енергоефективності, які будуть встановлюватися Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства. Їх перегляд буде здійснюватися раз на п'ять років. Виготовлення енергетичного сертифікату будівлі по об'єкту будівництва покладається на замовника будівництва до прийняття такого об'єкта в експлуатацію. **Термін дії документу становитиме 10 років.**

Слід зазначити, що Закон «Про енергетичну ефективність будівель» також передбачає **впровадження системи обов'язкового аудиту енергоефективності будівель**, який проводитимуть сертифіковані компанії, енергоаудитори. Для цього в ньому прописано основні вимоги до енергоаудиту та енергоаудиторів (хто вони, яким чином будуть сертифікуватися, хто їм буде видавати дозвіл), а також основні принципи роботи системи. Закон встановлює права та обов'язки енергоаудиторів та фахівців з обстеження інженерних систем у сфері енергетичної ефективності будівель, основні заходи із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель, незалежний моніторинг енергетичних сертифікатів та звітів про результати обстеження інженерних систем.

Крім того, Закон визначає Національний план збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії, встановлює що розробляється він з урахуванням вимог актів законодавства Європейського Союзу та Енергетичного Співтовариства, переглядається кожні п'ять років, а складовою частиною його є перелік наявних та, за необхідності, запланованих заходів із збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії, включаючи ті, що потребують фінансування.

Очікується, що Закон «Про енергетичну ефективність будівель» дозволить знизити енергоспоживання в будинках до 70 %, а вже перший національний план збільшення кількості будівель з

близьким до нульового рівнем споживання енергії ми можемо отримати протягом наступних двох років.

Література

1. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2015 р. № 1228-р.

2. Про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги, а також про скасування Директиви Ради 93/76/ЄЕС. Директива 2006/32/ЄС Європейського парламенту і Ради від 5 квітня 2006 року.

3. Україна та Енергетичне Співтовариство. Критерії відповідності енергетичної політики України вимогам Договору про заснування Енергетичного Співтовариства. Аналітична доповідь. Автор: Савицький Олег. Національний екологічний центр України. Київ, 2014.

4. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» № 2118-VIII (Відомості Верховної Ради, 2017, № 33, ст. 359).

Інформація про авторів: Зацарний В. В., кандидат технічних наук, доцент victor@ukr.ne

ЗУБ Л. М., канд. біолог. наук, ст. наук. співробітник.

Інститут еволюційної екології НАН України, м. Київ

ПАНАСЮК І. В., д-р техн. наук, професор

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ

ВПЛИВ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ЕКОСИСТЕМУ РІЧКИ РОСЬ

***Анотація.** За матеріалами комплексних досліджень оцінено вплив роботи гідропоруд малих гідроелектростанцій на стан екосистеми рівнинної річки Рось, Україна. Показано, що робота малих гідроелектростанцій на модельних водосховищах забезпечує добру та задовільну якість водної екосистеми. Водосховища, гідровузла яких виконаний за дериваційною схемою характеризувалися вищими показниками якості води та станом екосистеми.*

***Ключові слова:** гідроенергетика, оцінка якості води, малі гідроелектростанції, екосистема, водосховище.*

***Abstract.** The impact of the operation of small hydroelectric power plants on the ecosystem of the plain river Ros (Ukraine) was estimated according to the materials of complex studies. It was shown that the work of small hydroelectric power plants on model water reservoirs provided a good and satisfactory quality of the water ecosystem. The water reservoirs, which were built according to the derivative scheme, were characterized by higher indicators of water quality and the state of the ecosystem.*

***Keywords:** hydropower, water quality assessment, small hydroelectric power plants, ecosystem, reservoir.*

Гідроенергетику не можна беззаперечно вважати відновлювальним джерелом енергії, як, наприклад, енергію вітру, сонця чи біомаси. Будівництво гідровузлів гідроелектростанцій (ГЕС), у тому числі і малих (МГЕС), зазвичай призводить до суттєвих порушень природного стану річкових екосистем. Інтенсивність цих порушень залежить від регіону будівництва МГЕС. На гірських річках будівництво гідровузлів переважно відбувається за дериваційним типом, на рівнинних воно зазвичай супроводжується будівництвом гребель. Саме тому будівництво МГЕС на рівнин-

них річках призводить до фрагментації річки, що перешкоджає природному її протіканню. Створені водосховища повністю трансформують річкові екосистеми, надаючи їм рис озерних. Надмірне зарегулювання водотоку в результаті будівництва каскадів ГЕС спричиняє суттєві екологічні зміни. Вони стають причиною порушення природного гідрологічного режиму водотоку, втрати суцільності річки та поділу її на окремі екосистеми. Робота ГЕС супроводжується не властивими річці річними та добовими коливаннями рівнів, порушенням природних сезонних ритмів, насамперед, проходження весняного водопілля.

Проте малі ГЕС відзначаються значно меншим впливом на довкілля, ніж ТЕЦ та АЕС, простотою і надійністю виробництва електроенергії, високою технологічністю, невеликими термінами будівництва. Відповідно до Національного плану дій з відновлюваної енергетики, в Україні заплановано до 2020 року збільшити виробництво електроенергії малих гідроелектростанцій вдвічі. Планується зробити це за рахунок реконструкції наявних малих гідроелектростанцій, будівництва та введення в експлуатацію нових.

Таке збільшення ролі малої гідроенергетики у функціонуванні певних регіонів держави надзвичайно вагоме й вимагає детальних наукових досліджень для прогнозування їх впливу на навколишнє природне середовище.

За матеріалами комплексних гідробіологічних, гідрохімічних і гідротехнічних досліджень, оцінено вплив роботи трьох гідропруд малих ГЕС на гідрофізичні показники та біотичне різноманіття рівнинної річки в умовах лісостепової зони. Дослідження проводилися у літній період на річці Рось. Оцінювався вплив роботи Богуславської, Сутиської та Корсунь-Шевченківської малих ГЕС. Також оцінювався стан гідроєкосистеми на незарегульованій ділянці річки в районі с. Яблунівка та Білоцерківському верхньому водосховищі де відсутня ГЕС. Використані методики оцінки екологічного стану за результатами багатокритеріального аналізу складових водної екосистеми: гідрологічних параметрів, гідрохімічних показників, складу основних груп гідробіонтів (фіто-, зоопланктон та водні рослини). Оцінено показники біогенного навантаження, як чинника антропогенного впливу.

Басейн р. Рось характеризується значною площею агроландшафтів та дуже низьким відсотком природних комплексів. Лише 20 % територій басейну займають природні ліси, луки та болота. За останні 20—25 років кількість антропогенно трансформованих те-

риторій тут збільшилася на 6 %. Рось належить до найбільш зарегульованих річок України. Загальна кількість ставків та водосховищ, які були споруджені на річці та її притоках — 2167 шт. (1 % площі річкового басейну перебуває під водою). На річці споруджено 10 руслових водосховищ, сумарний об'єм яких складає 59,97 млн м³. П'ять із них — при діючих малих ГЕС. Саме робота малих гідровузлів сьогодні визначає екологічний режим річки.

Виконання оцінки екологічного стану поверхневих вод згідно з Водною Рамковою Директивою ЄС 2000/60/ЕС [1—3] передбачає: визначення екорегіону та типу водного об'єкта; оцінка специфіки поверхневих вод на основі систем типізації водних об'єктів відповідного типу; виділення основних типів біотопів у водному об'єкті; аналіз порушення гідроморфологічних характеристик, притаманних водному об'єкту чи його частині; визначення еталонних умов та еталонного стану біотичних компонентів водного об'єкта; порівняння значень досліджених показників якості поверхневих вод з відповідними показниками в еталонних умовах.

Узагальнивши результати досліджень, розвинувши підходи EU Water Framework Directive 2000/60/ЕС та методики, запропоновані співробітниками Інституту гідробіології НАН України [4—6], ми створили оціночну шкалу екологічного стану гідроекосистем водосховищ при малих ГЕС (табл. 1). Вона має вигляд матриці для 5 категорій, від найкращого стану до найгіршого, залежно від значень восьми основних показників екосистеми: якість води, сапробність, трофність, біотичне різноманіття (види та угруповання), структура угруповань, продуктивність (рівень розвитку біомас), особливості біотопічної структури та наявність раритетних видів та угруповань, що потребують охорони. Зазначимо, що таблиця створена для умов Лісостепової зони України.

За «відмінний» стан бралися умови екосистеми незарегульованої ділянки річки, що характеризуються середніми показниками кількісного та якісного складу біотичного різноманіття (середні значення видового багатства та угруповань за рахунок переважаючих стенобіонтних чи реофільних видів), дещо спрощеною структурою угруповань (відсутність або незначна частка у структурі лімnofільного та евтрофо-болотного компонентів), незначним різноманіттям біотопів (за рахунок вирівненості умов середовища) та значною часткою раритетних видів (рідкісних, реліктових, ендемічних чи тих, що мають статус охорони різного рівня).

Таблиця 1

**Матриця оцінки екологічного стану гідроєкосистем при малих ГЕС
в умовах Лісостепової зони України**

Показники	Категорії екологічного стану				
	Відмінне	Добре	Задовільне	Погане	Дуже погане
1	2	3	4	5	6
1. Класи якості води	1—2	3	4—5	6	7
2. Сапробність	α-оліго-сапробні	β-мезосапробна		α-мезо-сапробні	Полі-сапробні
3. Трофність (переважаючий тип)	Мезо-трофні води	Мезо-евтрофні води	Ев-трофні води	Полі-трофні	Гіпер-трофні води
4. Видове бататство					
Кількість видів*	Середнє	Середнє	Високе	Низьке	Дуже низьке
— фітопланктон	~50	30—60	>60	15—29	<15
— зоопланктон	~20	15—30	>30	5—14	<5
— бентос	~25	11—30	>30	5—10	<5
— макрофіти	~20	11—25	>25	5—9	<5
5. Структура угруповань					
Співвідношення екологічних груп (реофільні: лімно-фільні: евтрофні види)	3:1:0	2:1:0	1:1:1	0:1:1	0:0:1
Рівень розвитку планктону за чисельністю	Середній	Високий	Низький	Дуже високий	Дуже низький
фітопланктон, mln.cel/dm ³	10—15	20—40	5—9	>40	<5
зоопланктон, тис. th.ind/m ³	50—100	110—300	10—49	>300	<10
Рясність бентосних угруповань	Високий	Середній	Низький	Низький	Дуже низький
th.ind/m ³	>30	10—30	5—9,5	2—4,5	<2
6. Продукційні показники					
Рівень розвитку біомас	Середній	Високий	Низький	Дуже високий	Дуже низький
фітопланктон, mg/m ³	5—10	11—50	1—5	>50	<1
зоопланктон, kg/m ³	1—3	4—6	0,1—0,9	>6	<0,1
бентос, g/m ²	10—20	21—60	6,0—10,0	>60	<6,0

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
7. Різноманіття біотопів	Середнє	Високе	Низьке	Середовище однорідне	Середовище однорідне
Кількість поясів макрофітів	2—3	3	4	2	1
8. Наявність видів, що потребують охорони	+	+	—	—	—

Інтегральна оцінка якості води досліджених гідрооб'єктів показала значну антропогенну евтрофікацію водосховищ, споруджених при малих ГЕС. Якість води тут можна оцінити як «задовільна» (III клас), 4—5 категорій — «задовільні та посередні (слабко забруднені та помірно забруднені) води». Водосховища Богуславське та Корсунь-Шевченківське, гідровузел яких виконаний за дериваційною схемою характеризувалися вищими показниками якості води.

Обстежені водосховища характеризуються сформованими угрупованнями водних гідробіонтів, які за своєю структурою подібні до гідробіонтів незарегульованих ділянок р. Рось у її середній течії. Переважна більшість видів гідробіонтів відноситься до лімнофільного та евтрофно-болотного комплексів, кількість реофільних видів вкрай обмежена. Екосистеми характеризувалися більшим видовим складом продуцентів (фітопланктону та макрофітів) і меншим — редуцентів (зоопланктону) у порівнянні з Білоцерківським верхнім водосховищем, де ГЕС відсутня.

Проведені дослідження показали, що з плином часу техногенні за походженням водосховища стають невід'ємними компонентами довкілля і перебирають на себе функції втрачених природних заплавних комплексів.

За трофічним статусом і продукційними показниками усі досліджені водосховища відносяться до евтрофного типу. Значення Індексу сапробності (за методом Пантле й Букка в модифікації Сладечека) коливалися в межах 1,5—2,0; що відповідає β -мезосапробній зоні. Для Стеблівського та Корсунь-Шевченківського водосховищ спостерігається тенденція до наростання значень індексу сапробності зверху до низу водойми. Для Богуславського — зворотна тенденція.

За складом водних організмів водосховища малих ГЕС в умовах лісостепової зони України є водними об'єктами з екосистемами озерного типу, що обумовлює підтримання в них прийнятної якості води та рівнів продуктивності угруповань гідробіонтів, достатніх для забезпечення самоочищення та самовідновлення.

На всіх водосховищах прослідковується тенденція до спрацювання самоочисного потенціалу водойми.

Відповідно, досліджені водосховища класифікуються як такі, що зберігають добрий та задовільний стан водних екосистем (табл. 2).

Таблиця 2

Оцінки екологічного стану гідроекосистем модельних водосховищ

Кількість видів	Богуславське			Стеблівське			Корсунь-Шевченківське		
	Верх.	Сер.	Ниж.	Верх.	Сер.	Ниж.	Верх.	Сер.	Ниж.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Якість середовища	Задовільна		Добра	Задовільна			Добра	Задовільна	
Кількість видів									
Фітопланктон	36	47	19	33	45	45	39	35	40
Зоопланктон	21	20	11	32	25	28	31	33	26
Макрофіти	20	21	15	17	18	10	14	21	16
Біомаса									
Фітопланктон, mg/m ³	1,2	2,4	0,3	51,1	4,6	6,8	4,2	5,5	10,3
Зоопланктон, kg/m ³	0,05	0,03	0,8	3,0	1,9	3,2	0,9	2,0	1,1
Рясність									
Фітопланктон mln.cel/l	5	7	2	42	25	45	26	21	48
Зоопланктон, ind/m ³	6	2	1	178	112	119	49	153	43
Співвідношення гелофіти: гідрофіти	2:1	1:1	1:1	1:2	1:2	1:2	1:1	1:2	1:2
Кількість поясів макрофітів	3	2	3	3	3	3	2	3	3
Наявність видів, що потребують охорони	+		+			+		+	+

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значення інтегральних показників якості води	3,9	3,6	3,4	4,1	4,3	4,2	3,3	4,1	4,0
Біологічних показників	3,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	3,0	3,5	3,0
Трофо-гідрохімічних	4,4	4,6	4,3	5,7	5,1	4,8	4,5	4,7	5,1
Якість води	Слабко забруднені		Добрі	Слабко забруднені			Добрі	Слабко забруднені	
Якість середовища	Задовільна		Добра	Задовільна			Добра	Задовільна	

Насамкінець хочемо вказати на необхідність дотримання екологічних вимог щодо роботи гідровузлів, направлених на підтримання/імітацію природних процесів. Екологічні вимоги роботи гідровузла мають розроблятися індивідуально для кожної річки чи її частини. Система екологічного моніторингу роботи малих ГЕС в умовах рівнинних річок повинна бути спрямована на відстеження/запобігання змін у:

- структурі угруповань гідробіонтів;
- ході продукційних процесів видів-індикаторів якості води;
- трофічному статусі екосистеми;
- стані популяцій рідкісних видів та угруповань;
- структурі біотопів.

Ведення спеціальної системи екологічного моніторингу впливу малих ГЕС на гідроекосистеми дозволить оптимізувати роботу гідровузлів і мінімізувати вплив на довкілля. За таких умов гідроенергетику можна вважати як альтернативний, «зелений» тип енергетики.

Висновок. Угруповання водних гідробіонтів в обстежених водосховищах за своєю видовою структурою і кількісними показниками подібні до угруповань у середніх і нижніх ділянках р. Рось.

Водосховища, утворені при малих ГЕС в умовах лісостепової зони України, являють собою водні об'єкти з екосистемами озерами типу. Вони характеризуються невеликими площами зарослих мілководь, відносно високою продуктивністю гідробіоценозів, задовільним газовим режимом та значним біотичним різноманіттям.

Це обумовлює підтримання в них прийнятної якості води та рівнів розвитку біоценозів, достатніх для забезпечення самоочищення та самовідновлення.

Робота малих ГЕС на модельних водосховищах забезпечує добру та задовільну якість водної екосистеми. Богуславське та Корсунь-Шевченківське водосховища, гідровузел яких виконаний за дериваційною схемою характеризуються вищими показниками якості води та станом екосистеми.

Управління діяльністю водосховищ має забезпечувати підтримання гідрологічного, гідрохімічного та гідробіологічного режимів, що максимально наближені до природних. На це має бути спрямований екологічний моніторинг та методи оцінки якості середовища.

Література

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities. — L. 327, vol.43, 22.12.2000. — 72 p.

2. Updated Recommendations on Environmental Standards. River Basin Management (2015—21). UK TAG. — Draft (SR3 — 2012), 2012. — 77 p.

3. European Communities. WFD CIS Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC)/ Guidance document № 10 River and lakes — Typology, reference conditions and classification systems. — Luxembourg, 2003. — 87 p.

4. Romanenko V. D., Liashenko A. V., Afanasyev S. A., Zorina-Sakharova Ye. Ye. Biological Indication of Ecological Status of the Water Bodies within Kiev City Boundaries. Hydrobiological Journal. V. 46, 2010 Is. 4. P. 3—24.

5. Афанасьев С. А. Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидроэкосистем в мониторинге рек Украины // Гидробиол. журнал. — 2001. — Т. 37, № 5. — С. 3—18.

6. Афанасьев С. О., Васильчук Т. О., Летицька О. М., Білоус О. П. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС / за ред. С. О. Афанасьєва. — Київ, 2012 — 28 с.

Інформація про авторів:

Панасюк І. В. panasjuk.i@knutd.edu.com

Зуб Л. М. lesyazub2@gmail.com

RUKARAWA LORRAINE, Lorraine, Master Degree in Disaster Management
National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS), Japan.

GUSYEV M., PhD, Lecturer/Specialist Researcher
National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS)/ International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) under the auspices of UNESCO, Public Works Research Institute (PWRI), Tsukuba, Japan.

HASEGAWA A., PhD, Lecturer/Specialist Researcher
National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS)/ International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) under the auspices of UNESCO, Public Works Research Institute (PWRI), Tsukuba, Japan.

HUSIEV A., Cand. Biol. Sc., associate professor
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

CLIMATE CHANGE DROUGHT AND FLOOD ASSESSMENT IN THE MANYAME CATCHMENT, ZIMBABWE

***Анотація.** У статті наведено результати дослідження, яке присвячено аналізу посух і повеней у водозборі Маньяаме в басейні річки Замбезі. У статті наведено інформацію щодо аналізу минулих і майбутніх тенденцій, частоти та інтенсивності опадів з використанням декількох кліматологічних і стандартизованих показників і чисельних моделей. Результат даної оцінки опадів свідчить про тенденцію зростання вологого середовища приблизно на 15 %, а сухих — приблизно на 33 %, особливо в період засухи середнього сезону.*

***Ключові слова:** водозабір, опади, повені, посухи, зміна клімату.*

***Abstract.** This study was focused on analysis of droughts and floods in the Manyame catchment of Zimbabwe in the Zambezi River basin. The study conducted the analysis of historical and future precipitation trends, frequencies and severities using several climatological and standardised indices, and numerical models. The result of the present precipitation assessment indicates an increasing trend of the wet conditions by about 15% and of dry conditions by about 33 % particularly the mid-season droughts.*

***Keywords:** water intake, precipitation, floods, droughts, climate change.*

Introduction. In Africa, Zimbabwe is a vulnerable country in sub-Saharan Africa to the devastating effects of water related disasters with

floods causing the greatest fatalities and damages while droughts affect the largest number of people due to its semi-arid climate [1].

Being the worst in recorded history, the 1992 drought reduced cereal production up to 25 % of the annual requirement crippling the food security in the country, and resulting in unconceivable consequences such as starvation, hunger and thirst of over 80 % of the population [2]. In March 2000, the country was hit by tropical cyclone Eline causing infrastructure damages over 300 million USD and displacing 40,000 people [1]. In addition, frequency and intensity of the extreme precipitation events have been increasing over the past 25 years [3].

This study aims at characterising the past and present trends, frequencies and severities of floods and droughts in the Manyame catchment, which is one of the main economically important basins in Zimbabwe and is a part of the Zambezi River basin. The future flood and drought risk is estimated to establish a baseline for the integrated water resources management considering a balance between flood and drought disasters.

Study area and data. The study was done in the Manyame catchment located in the Zambezi River basin, which is the 4th largest basin in Africa with an area of 1,390,000 km² covering and 54.6 % of Zimbabwe and spreading over eight countries (Figure 1). The Manyame catchment has an area of 25,497 km² covering about 15 % of Zimbabwe and has many dams that can be used to control the impacts of floods in the catchment such as Mazvikadei and Darwendale dams (Figure 1A). The Manyame catchment outlet lies low lying flood prone area of the middle Zambezi basin between Kariba and Cahora Bassa Dams and is a confluence of four large rivers leading to frequent flooding such as the inundation of the 2001 flood event from January 31st to February 13th (Figure 1B).

Daily and monthly precipitation data obtained from Zimbabwe rainfall gauges was utilised for historical analysis of the Manyame catchment. The flood inundation of the Zambezi River Basin was simulated with the Princeton University Global Forcing (PGF) dataset [4], which has the high resolution dataset for Africa made for Flood and Drought Monitoring (AFDM) satellite rainfall.

For climate change simulations, the daily precipitation datasets projected with MRI-AGCM3.2S [5] were bias-corrected with PGF-AFDM reference dataset using a non-parametric method [6].

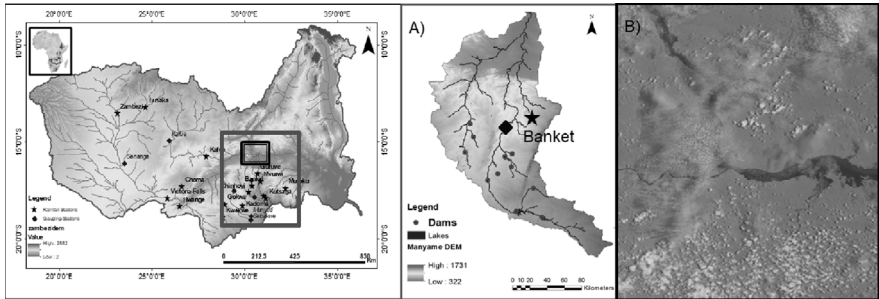


Figure 1. A) Study area in the Zambezi River basin with the Manyame catchment; B) Landsat image of the 2001 flood near the confluence of Manyame River outlet

Methods. Historical precipitation was analysed in order to ascertain trends and frequencies in precipitation anomalies. Extreme dry and wet precipitation was analysed with several climatological indices, namely Annual mean Rainy Day Index (RDI), Consecutive Dry Days (CDD), Consecutive Wet Days (CWD), Maximum 5-Day rainfall total (R5d), Simple Daily Intensity Index (SDII), Annual Maximum Daily rainfall (R1d), and Heavy Precipitation (>10 mm) days, and standardized indices such as Standardised Precipitation Index (SPI) [7] and Standardised Precipitation and Evaporation Index (SPEI) [8].

The historical damages of floods and droughts were correlated to the standardised indices in order to establish relationships that can be used to predict the disaster risk in the future using statistical methods. For the climate change assessment, the MRI-AGCM3.2S precipitation was bias corrected using daily PGF-AFDM precipitation dataset for the present and future Representative Concentration Pathway 8.5 (RCP8.5) scenario with 4 sea surface temperature distributions. Precipitation was analysed using the aforementioned climatological indices for the present and future climates while the comparative SPI (cSPI) [9, 10] was used to evaluate future flood and drought frequency and severity based on the present climate conditions as described by [11, 12].

The block-wise TOPMODEL (BTOP) [13, 14] models was used to simulate past and future flood hazards after calibration using the available river discharge data with the 20-km global BTOP model [15, 16]. The output was then analysed to quantify the future floods by comparing the changes in discharges indices such as mean flow rate, peak discharge, days above a threshold and days of low flow.

Results and Discussion. Standardised indices of 12-month SPI and SPEI are demonstrated from 1972 to 2015 in Figure 2. These standar-

dised indices indicate past floods and droughts such as the 1982 and 1992 droughts as well as the 2000 flood with values of -2 and +2, respectively (Figure 2). The past extreme precipitation have a strong corelation with the extreme Southern Oscillation Index (SOI), which is an indicator of the El Nino and La Nina phenomena causing rainfal variability Southern Africa, and demonstrate a strong positive correlation between standardised drought indices (SPEI and SPI) and SOI. Therefore, these can be used to predict the occurrence of future drought as well as an early warning to prepare for the drought disaster management.

However, the period after 2002 the SPI and SPEI are showing incongruity with the indices showing different patterns. This is an indication of the increase in seasonal variability temporal distribution of rainfall within the season. The results of the extreme precipitation analysis using climatological indices demonstrates a slight increase of dry conditions and the rainy season is becoming dryer that may lead to a reduction in yield of corn by 16–60 % compromising food security in the household and national levels [17].

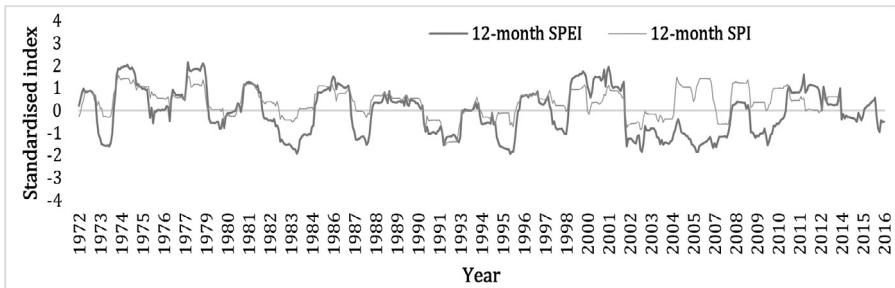


Figure 2. 12-month SPI and SPEI time series for the Bantket gauge in the Manyame catchment

Assessing annual crops and vulnerability data, we observe that past extreme events of meteorological drought result in the socio-economic droughts with food and water shortages (Figure 3).

In Figure 3a, the 6-month SPEI has a non-linear relationship harvested area indicating the lowest planted area during meteorological droughts. This is also confirmed by the household cereal production with the minimum productivity during the worst drought demonstrated by 6-month SPEI value of -2, see Figure 3b. Since both floods and drought have an effect on the cereal production, received rainfall exceeds the normal to severe wetness conditions (Figure 3c).

During drought years the catchment can only on average produce less than 40 % of the household cereal requirements leading to high levels of food insecurity. The impact of drought and flood disasters is shown by the prevalence of food insecurity among all the households.

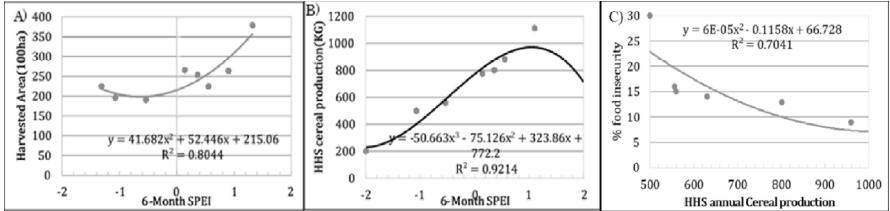


Figure 3. (a) SPEI vs harvested area, (b) SPEI vs household food production, (c) Household food production vs food insecurity.

For the climate change assessment, the average precipitation (P_{av}) demonstrates an average increase of 7.85 % in in future climate of the RCP8.5 scenario (Table 2). In Table 2, results of extreme precipitation show an increase in extreme precipitation indices such as heavy precipitation days, CWD and R5d. The severity of dry conditions increase as demonstrated by the CDD increase from of 28 to 32 days per year. The 12-month median cSPI values indicates a shift towards wetter condition with while other cSPI values of 1- and 3-month demonstrate a shift towards the dry conditions. For the late season (February—April), 3-month SPI showing a 10 fold decrease thus signifying the dry conditions in the late season. This leads to the revision of the cropping calendar to avoid dry period in the future climates. According to the 1-month cSPI analysis, 33 % of the floods for the RCP8.5 period between 2075 and 2099 occur in January representing a shift from the present climate scenario between 1979 and 2003 with flood peaks occurring in February. This was complimented by the simulated river discharge in Table 2 and these river discharge demonstrate an increase in the days above a threshold of 900 m³/s are going to be increase by 42 % from an average of 43 to 61 days per year. The average days of low flow (<150 m³/s) are going to be 6 % lower. In addition, the maximum days of low flow per year is also going to decrease by 12 % [18]. As a result, there is a need to develop an integrated water resources management to mitigate future floods and droughts in the Manyame catchment.

Table 1

**Ensemble average of future extreme precipitation analysis
for the Barket Station**

Index	Present	% Change	Future mean
R1d (mm)	143.6	−13.7	124.0
Pav (mm)	615.2	7.85	636.5
Rainy days	49.0	5.6	51.8
SDII (mm)	11.4	−1.3	11.3
Annual heavy rainfall days	18.0	9.7	19.8
CDD	28.0	17.0	32.8
R5d (mm)	173.9	34.6	234.0
CWD	10.1	20.2	12.2
Median 12-month cSPI	0.1	102.0	0.3
February–April median 3-month cSPI	−0.1	−10	−0.5

Table 2

**Future discharge analysis using BTOP model outputs
for the Mhangura gauging station**

Index	Mean % Change	Present	RCP 8.5	RCP 8.5 C1	RCP 8.5 C2	RCP 8.5 C3
Mean discharge (m ³ /s)	40	2399	3750	3535	2935	3246
Max discharge (m ³ /s)	69	4902	9809	7584	7149	8568
Min discharge (m ³ /s)	10	688	619	566	549	743
Mean days (>900 m ³ /s)	45	44	21	26	19	14
Max days (>900 m ³ /s)	42	104	66	77	58	42
Mean days (<150 m ³ /s)	−6	93	97	90	105	106
Max days (<150 m ³ /s)	−12	126	145	146	159	142

Conclusion. Past water related disasters in the Manyame catchment have a remarkable effect on Zimbabwe’s food security, which is a major deterrent of economic and societal growth. Based on the results of this study, more severe floods and droughts may occur under the future RCP8.5 climate to have a devastating effect on the country. In addition, the timing of the floods and droughts in future may shift requiring appropriate management measures that comply with the future extreme rain-

fall patterns. Although rainfall patterns are the major drivers of flooding in Manyame catchment, dam operation is also playing a key role in the flooding in the low lying areas of the catchment's disaster, but these dams were not investigated in this study. Therefore, there is need for an integrated dam management system as well as revision of dam operation rules in next study to reduce. This can be complimented with the improvement of community's vulnerability awareness, and enhancement of early warning systems to improve society's coping capacity and resilience.

References

1. Center for Research on Epidemiology of Disasters (CRED), 2016. *Disaster Profiles*. URL: www.emdat.be (viewed on February 21, 2016). — Title from the screen.
2. Tobaiwa C. (1993). Zimbabwe Country Assessment Paper, SADC Drought Management Committee.
3. Trends in extreme weather and climate events: issues related to modeling extremes in projections of future climate change / G. A. Meehl, F. Zwiers, J. Evans, T. Knutson [et al] . Bulletin of the American Meteorological Society. 2000. 81(3). — P. 427—436.
4. Sheffield J., Goteti G., Wood E. F. Development of a 50-year high-resolution global dataset of meteorological forcings for land surface modelling. *Journal of Climate*, 2006. 19. — P. 3088—3111.
5. Kitoh A., Endo H. Changes in precipitation extremes projected by a 20-km mesh global atmospheric model, *Weather and Climate Extremes*. 2015. Vol. 11. — P. 41—52.
6. Inomata, H., Takeuchi, K., Fukami, K. Development of a statistical bias correction method for daily precipitation data of GCM20, *Annual Journal of hydraulic Engineering JSCE*. 2011. 55 67(4). — P. 247—252.
7. McKee T. B., Doesken N. J., Kleist, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings presented at 8th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society. 1993. — P. 179—184.
8. Vicente-Serrano S. M., Beguería S., López-Moreno J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*. 2010. 23(7). — P. 1696—1718.
9. Hasegawa A., Gusyev M. A., Ushiyama T., Magome J., Iwami Y. Drought assessment in the Pampanga River basin, the Philippines — Part 2: A comparative SPI approach for quantifying climate change hazards. MODSIM 2015, 21st International Congress on Modelling and

Simulation, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand. 2015. — P. 2388—2394.

10. Hasegawa A., Gusyev M. A., Iwami Y. Meteorological Drought and Flood Assessment using the Comparative SPI Approach in Asia under Climate Change. *Journal of Disaster Research*. 2016. 11(6). — P. 1082—1090.

11. Gusyev M. A., Hasegawa A., Magome J., Kuribayashi D., Sawano H. Drought assessment in the Pampanga River basin, the Philippines — Part 1: Characterizing a role of dams in historical droughts with standardized indices. In Weber, T., McPhee, M. J. and Anderssen, R. S. (eds) MODSIM2015, 21st International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2015. P. 1586—1592.

12. Evaluation of water cycle components with standardized indices under climate change in the Pampanga, Solo and Chao Phraya basins. / M. A. Gusyev, A. Hasegawa, J. Magome [et al]. *J. of Disaster Research*. 2016. 11(6). P. 1091—1102.

13. Takeuchi K., Hapuarachchi P., Zhou M., Ishidaira H., J. Magome. A BTOP model to extend TOPMODEL for distributed hydrological simulation of large basins. *Hydrological Processes*. 2008. 22(17). P. 3236—3251.

14. Gusyev, M. A., Magome, J., Kiem, A., and T. Kuniyoshi (2017). The BTOP Model with Supplementary Tools: User Manual. Technical Note of PWRI No. 4357, Public Works Research Institute (PWRI), Tsukuba, Japan, ISSN 0386-5878, 71 p.

15. Magome J., Gusyev M. A., Hasegawa A., Takeuchi K. River discharge simulation of a distributed hydrological model on global scale for the hazard quantification. In Weber, T., McPhee, M. J. and Anderssen, R. S. (eds) MODSIM2015, 21st International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2015: P. 1593—1599.

16., Magome J., Sugiura A., Sawano H. and K. Takeuchi. Connecting global and local scale flood risk assessment: A case study of the Rhine River basin flood hazard. / M. A. Gusyev, A. Gädeke, J. Cullmann [et al]. *Journal of Flood Risk Management*. 2016. 9(4): P. 343—354.

17. Bänziger, M., Edmeades, G. O. and Lafitte, H. R. (2002). Physiological mechanisms contributing to the increased N stress tolerance of tropical maize selected for drought tolerance. *Field Crops Research*, 75(2—3), 223—233.

18. Rukarwa, L. (2016). DROUGHT AND FLOOD RISK ASSESSMENT ON MANYAME RIVER BASIN, ZIMBABWE UNDER CLIMATE CHANGE. Master Thesis. ICHARM, PWRI, 71 p.

КАЛІНЧИК В. П., канд. техн. наук, доцент

КАЛІНЧИК В. В., магістр

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТА ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

***Анотація.** У статті розглянуто методологію побудови системи моніторингу небезпечних чинників виробничої системи. Встановлено, що сутність системи моніторингу небезпечних чинників полягає у взаємозв'язку технічного, програмного і методичного забезпечення з необхідністю взаємного контролю результатів спостереження, корегування практичних дій у сфері безпеки та охорони праці. Наведено місце моніторингу небезпечних факторів у функціональній моделі системи управління охороною праці виробничої системи. Показано, система моніторингу небезпечних факторів виступає складовою системи розподілу та перерозподілу економічних ресурсів на заходи із охорони праці.*

***Ключові слова:** охорона праці, небезпечні чинники, виробнича система, моніторинг, управління безпекою.*

***Abstract.** The methodology of designing systems for hazards monitoring in manufacturing systems is described in the article. It is defined, that the essence of the system for hazards monitoring is in interrelation of technical, programmatic and methodological ware with a requirement for mutual control of observation results, correcting actions in the field of occupational health and safety. The position of hazards monitoring in the functional model of the OHS management system in manufacturing was established. It is shown, that hazards monitoring system is a component of distribution and redistribution system of economical resources for the OHS measures.*

***Keywords:** occupational health and safety, hazards (hazardous factors), manufacturing system, safety management.*

Високий рівень виробничого травматизму та аварійності на підприємствах можна пояснити труднощами економічного, соціального та технологічного характеру. Однак головна причина полягає в тому, що існуючі на підприємствах системи управління

безпекою або не функціонують, або функціонують неефективно та не досягають поставлених цілей.

Як показують дослідження [1], нещасні випадки та аварії відбуваються, перш за все, на тих підприємствах, де порушуються структура та функції системи управління безпекою, яка може надійно функціонувати лише за наявності концепції та єдиної стратегії в складі єдиної галузевої системи управління безпекою та безаварійною роботою підприємств.

Метою роботи є вдосконалення структури управління охороною праці за рахунок ефективного моніторингу небезпечних чинників.

Стратегічним напрямом забезпечення безпеки повинен бути перехід на функціонуючу в єдиному інформаційному просторі галузеву систему координованого управління виробничими ризиками на основі ефективних правових, економічних, адміністративних механізмів зниження ризиків при дотриманні пріоритету життя і здоров'я працівників.

Дослідженнями встановлено, що виробничий травматизм та аварійність є багатопричинним випадковим явищем, яке формується під впливом великої кількості факторів та обставин. Тому для ефективної профілактики травматизму та аварійності необхідно враховувати всі фактори, в тому числі випадкового характеру.

Безпека виробництва забезпечується тільки за постійної оцінки та ефективному контролю за виробничими ризиками, за своєчасного впровадження ефективних управлінських рішень і вжиття необхідних заходів на основі достовірної та повної інформації об'єкта управління. Оскільки основною причиною аварій і нещасних випадків є відхилення в системі «людина — небезпечний виробничий об'єкт — середовище» від вимог правил і норм безпеки, то основою функціонування системи управління безпекою повинен бути принцип компенсації цих відхилень. У цьому випадку правила та норми безпеки слід розглядати як програму управління безпекою.

Перехід до інформаційних технологій ставить додаткові завдання до технології підготовки інформації, а саме це вибір системи аналізу, формалізацію інформації різномірної якості в єдиній системі відображення та аналізу, розробка аналітичного виду взаємодії та розробка алгоритму їх взаємодії.

Сукупність факторів, що зумовлюють такий стан з охороною праці, об'єктивно характеризує багатогранність і системність су-

часних виробничих відносин, є визначальним фактором управління безпекою та охороною праці.

Основною вимогою до розробки системи управління безпечними умовами праці та охорони праці є виключення неповноти взаємозв'язків між необхідною інформацією та розв'язуваних всередині завдань, що дає можливість реалізовувати таку відкриту систему управління, яка в даних умовах даватиме можливість реалізовувати цільові функції безпеки та охорони праці.

Технічні, організаційні та психологічні причини виробничого травматизму в умовах штатних ситуацій пов'язані значною мірою з порушеннями правил безпеки та інших нормативних документів, що встановлюють і регламентують діяльність працівників.

У процесі аналізу показників впливу серед усієї їх сукупності виникає потреба вибрати найбільш впливові з точки зору досягнення кінцевого якісного результату — впливу і можливості контролю та аналізу рівня безпеки та охорони праці. Запропоновану структуру побудови управління ризиками можна використовувати для оцінки якості охорони праці на будь-якому абстрактному підприємстві та в цій структурі основним ядром є система моніторингу небезпечних чинників.

Сутність системи моніторингу небезпечних чинників полягає у взаємозв'язку технічного, програмного та методичного забезпечення з необхідністю взаємного контролю результатів спостереження, корегування практичних дій у сфері безпеки та охорони праці. Така система дає можливість отримувати інформацію по об'єкту дослідження — виробничій системі, в результаті чого, приймати оперативні рішення з управління охороною праці.

Метою моніторингу небезпечних чинників є впровадження безпечних умов, досягнення запланованих завдань з охорони праці, мінімізація негативних наслідків, визначення можливостей вибору проектів з охорони праці.

Моніторинг небезпечних чинників спрямований на:

- підвищення оперативності і якості реагування в галузі охорони праці на всіх рівнях контролю;
- підвищення якості обґрунтування проектів в галузі охорони праці та ефективності їх вибору;
- виявлення змін при веденні безпечних умов праці;
- достовірне науково-інформаційне забезпечення програм розвитку в галузі охорони праці;
- оптимальний вибір цілей і завдань в галузі охорони праці.

Визначимо низку характерних етапів, виконання яких є обов'язковим для ефективного функціонування системи моніторингу:

- розробка концепції впровадження підсистеми моніторингу небезпечних факторів;
- розробка програм мотивації навчання персоналу в галузі охорони праці;
- створення внутрішніх стандартів і правил підсистеми моніторингу небезпечних факторів.

При цьому впровадження системи моніторингу небезпечних чинників виробничих систем повинно проводитися поетапно та з виконанням цілого комплексу необхідних умов:

- система моніторингу повинна проектуватися, виходячи з її призначення, цільової орієнтації і умов функціонування;
- вдосконалення всіх системоутворюючих елементів системи моніторингу небезпечних чинників має базуватися на єдиній системній основі — системному проекті;
- інтеграція елементів організаційної структури між собою та іншими системами повинна здійснюватися за допомогою автоматизованих інформаційних систем, що забезпечують реалізацію технології обробки даних і підтримку організаційно-економічної взаємодії всіх ланок.

Велике значення на стадії структуризації системи моніторингу надається проектуванню. Проектування системи має полягати у створенні функціональної моделі її роботи або в плануванні всього технологічного ланцюжка отримання інформації про стан охорони праці. Оскільки всі етапи отримання інформації тісно пов'язані між собою, недостатня увага до розробки будь-якого з них призведе до різкого зниження її цінності і неправдоподібності, що призведе до помилкових висновків і результатів.

Тому важливим є формулювання основних вимог до проектування таких систем. Ці вимоги повинні включати наступні етапи:

- визначення головних завдань системи моніторингу небезпечних факторів і вимог до вихідної інформації;
- створення організаційної структури спостережень і розробки принципів проведення аналізу технічної інформації;
- побудова структури системи моніторингу небезпечних факторів;
- розробка системи отримання даних та подання інформації в зручному для аналізу вигляді;

- побудова системи перевірки отриманої інформації на відповідності вихідним вимогам системи моніторингу.

Складовими системи моніторингу небезпечних факторів є методологічне, математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення процесів прийняття рішень про стан охорони праці виробничих систем. З причини уніфікованості (за своєю суттю) вихідної інформації, одержуваної від інформаційних комплексів підприємства, виникає необхідність у створенні автоматизованих систем обліку та контролю небезпечних чинників. Виникає також необхідність впровадження уніфікованих методів і методик побудови математичного та програмного забезпечення для виявлення, розпізнавання і ідентифікації небезпечних факторів, заснованого на методах математичного моделювання та прогнозування.

Аналізуючи систему моніторингу небезпечних факторів, можна зробити висновок про те, що вона виступає складовою системою розподілу та перерозподілу економічних ресурсів на заходи з охорони праці. Розподіл і перерозподіл економічних ресурсів виступає одним із пріоритетних завдань.

Досягти максимальної ефективності використання економічних ресурсів, спрямованих на поліпшення умов охорони праці, можливо, якщо об'єднати процес розподілу ресурсів з їх перерозподілом. У таких системах можна краще врахувати необхідність для виробничих систем економічних ресурсів на стадії їх розподілення, уникаючи надалі їх істотних перерозподілів.

Моніторинг це комплекс різноманітних заходів, які забезпечують систематичний контроль за станом та тенденціями розвитку природних та техногенних процесів.

За рівнем проведення моніторинг може бути [2, 3].

1. Глобальний моніторинг, здійснюваний на основі міжнародного співробітництва.

2. Національний моніторинг, який організовується в межах держави спеціально створеними структурами.

3. Регіональний моніторинг, який діє в межах окремих регіонів.

4. Локальний моніторинг, що враховує зміни якості середовища в межах промислових і сільськогосподарських підприємств.

5. Персоніфікований моніторинг, враховує стан здоров'я працюючих у відповідності з факторами середовища їх роботи, у тому числі: біологічними, хімічними, фізичними (шум, вібрація, ультразвук, інфразвук, теплове, іонізуюче, неіонізуюче та ін.), соціальними, психологічними.

За періодичністю моніторинг є річний, квартальний, місячний та щоденний.

За суб'єктом — моніторинг може бути зовнішнім і внутрішнім [6]. Зовнішній моніторинг певного числа об'єктів проводиться сторонньою, третьою організацією. Внутрішній моніторинг проводиться службами окремого підприємства за заданими напрямками і впливає безпосередньо тільки на поведження самого підприємства.

За повнотою охопту моніторинг буває вибіркоким, локальним та суцільним.

Моніторинг займає важливе місце в державній системі охорони праці і саме тому в багатьох країнах діє комплексна автоматична система моніторингу умов і безпеки праці [7].

Об'єктами моніторингу є: нормативно-правові акти у сфері умов та охорони праці; показники виробничого травматизму і професійної захворюваності; умови праці; соціальне забезпечення потерпілих на виробництві; професійні і соціальні ризики; заходи з поліпшення умов і безпеки праці і їх економічна ефективність; модернізація виробничих об'єктів і технологічних процесів; фактори виробничого середовища, результати атестації робочих місць за умовами праці на підприємствах та інші.

Етапами моніторингу умов і безпеки праці є збір даних, їх систематизація, оброблення, аналіз, визначення тенденцій.

Отже, моніторинг небезпечних та шкідливих факторів — одна з основних функцій системи управління охороною праці, яка спрямована на підвищення оперативності та якості реагування у сфері охорони праці на всіх рівнях контролю, дотримання норм, правил та режимів безпечного функціонування виробничої системи.

Висновки. Суть системи моніторингу шкідливих та небезпечних виробничих факторів полягає у взаємозв'язку технічного, програмного та методичного забезпечення з необхідністю взаємного контролю результатів спостереження, корегування практичних дій у галузі безпеки та охорони праці. Моніторинг небезпечних факторів є складовою функціональної моделі системи управління охороною праці виробничої системи, а також системи розподілу та перерозподілу економічних ресурсів на заходи з охорони праці.

Література

1. Охорона праці та промислова безпека. Охрана труда и промышленная безопасность / За ред. К. Н. Ткачук, В. В. Зацарний. Київ: Лібра, 2010. — 560 с.

2. Израэль Ю. А. Фоновый мониторинг и его роль в оценке и прогнозе глобального состояния биосферы. Москва: Гидрометеоиздат, 1982. — 130 с.

3. Жикина О. В. Концепция и методика мониторинга промышленного предприятия и ее реализация [Текст]: автореф. дис. канд. экон. наук: 08.00.05. Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна. Санкт-Петербург, 2004. — 25 с.

*Інформація про авторів: Калінчик В. П., канд. техн. наук, доцент
kalinchikv@ukr.net*

НАХОДОВ В. Ф., доктор техн. наук, доцент,
ЗАМУЛКО А. І., канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ

НЕКЕРОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ – ЗАГРОЗА БЕЗПЕЦІ ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

***Анотація.** У статті розглянуто вплив зростання виробництва електричної енергії на сонячних електростанціях на нерівномірність добових графіків навантаження теплової генерації в Україні. Авторами запропоновано методичні основи оцінки додаткових грошових витрат теплової генерації під час використання в енергосистемі сонячних електростанцій.*

***Ключові слова:** сонячна електростанція, об'єднана енергетична система, тепловий енергоблок.*

***Abstract.** The paper examines the influence of the growth of electric energy production on solar power plants on the unevenness of the daily load schedules of the thermal generation in Ukraine. The authors propose methodological bases for estimating the additional monetary costs of thermal generation when used in the power system of solar power plants.*

***Keywords:** solar power plant, consolidated power system, thermal power-generating unit.*

Енергетична галузь України має низку проблем, наявність яких негативно позначається на безпеці постачання електричної енергії, функціонуванні галузі зараз і може суттєво ускладнити подальший розвиток вітчизняної енергетики. Перш за все, йдеться про дуже великий відсоток фізично зношених генеруючих потужностей в енергосистемі, несприятливу їх структуру, нерівномірне електричне навантаження, недостатню пропускну здатність електричних мереж тощо.

Важливою та актуальною є тенденція стрімкого розвитку в Україні відновлюваної енергетики, і в першу чергу, створення та використання численних сонячних електростанцій (СЕС) [1–3]. Безумовно, ця тенденція є позитивною з огляду на прогресивний сві-

товий досвід. Однак в Україні створення і використання об'єктів відновлюваної енергетики сприймається як процес, абсолютно відокремлений від функціонування і подальшого розвитку існуючої об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) в цілому. При цьому необхідно брати до уваги, що функціонування СЕС має низку особливостей, основними з яких є достатньо вузький проміжок часу протягом доби, коли вони здатні генерувати електроенергію, погана прогнозованість їх робочої потужності на короткострокову перспективу, а також значні коливання обсягу виробництва електричної енергії у різні періоди внаслідок впливу метеорологічних умов.

Враховуючи ці особливості, можна стверджувати, що безконтрольне (некероване) використання СЕС поступово все більш загострюватиме проблему ОЕС України — нерівномірність добових графіків навантаження традиційної генерації, зокрема теплових електростанцій (ТЕС), що призведе до порушення безпеки постачання електричної енергії споживачам та неминуче вплине на появу значних додаткових витрат на виробництво електроенергії.

Отже, **метою** цієї публікації є наочно продемонструвати негативний вплив на функціонування ОЕС України неконтрольованого використання СЕС, а також запропонувати методичні основи оцінки додаткових грошових витрат ТЕС, які виникають внаслідок появи надлишку нерегульованої електричної потужності, що генерується об'єктами сонячної енергетики.

Підтримання необхідного балансу виробництва та споживання електричної потужності в ОЕС України здійснюється головним чином за рахунок використання маневрених можливостей енергоблоків ТЕС, а також шляхом зміни кількості цих енергоблоків, які знаходяться в роботі протягом доби. Для забезпечення нормального проходження нічного мінімуму електричного навантаження в енергосистемі щодобово на 4—6 годин виводяться у холодний резерв (повністю зупиняються) до 9—16 енергоблоків ТЕС з подальшим їх «підйомом» на денний період. Крім того, для забезпечення проходження вечірнього максимуму навантаження енергосистеми щодобово на декілька годин включаються в роботу ще до 8 енергоблоків ТЕС [4].

Повністю виключити хоча б частину теплових енергоблоків з добового графіка покриття навантаження ОЕС з метою скорочення щодобових їх пусків-зупинень є неможливим через необхідність забезпечити покриття нерівномірного попиту споживачів на електричну потужність у денний час.

Вимушене використання енергоблоків ТЕС у якості маневрених генеруючих потужностей енергосистеми пов'язано зі значними додатковими витратами на щодобові їх пуски. Крім того, такий режим роботи не передбачено конструкцією теплових енергоблоків, що призводить до підвищеної зношеності обладнання, зниження надійності його роботи, збільшення витрат на планові та післяаварійні ремонти таких енергоблоків [5, 6], а також відбивається на економічності функціонування ОЕС в цілому, та є однією з причин підвищення оптових цін та роздрібних тарифів на електричну енергію [7].

Як вже зазначалося, в Україні зараз відбувається інтенсивний розвиток сонячної енергетики. Поки загальна встановлена потужність об'єктів СЕС ще невелика, зокрема, на початок 2018 року вона складала близько 750 МВт [2]. Однак, враховуючи швидкі темпи зростання потужності СЕС, а також наведені у вступі особливості їх функціонування, слід очікувати, що некероване використання СЕС поступово буде все більше загострювати існуючу в ОЕС проблему покриття нерівномірного її навантаження. Отже, безконтрольний розвиток сонячної енергетики не зменшуватиме, а збільшуватиме потребу використання традиційної генерації, зокрема ТЕС, при цьому суттєво погіршить режими їх роботи і помітно ускладнить диспетчерське управління функціонуванням енергосистеми в цілому [2].

Перш за все, йдеться про додаткові витрати палива на щоденні повторні пуски теплових енергоблоків, які вранці вже було виведено на робочий режим і які доведеться зупиняти у денний період у зв'язку з появою в енергосистемі надлишку нерегульованої електричної потужності, що генеруватиметься СЕС. При цьому оцінка величини додаткових витрат ТЕС на зазначені щодобові повторні пуски їх енергоблоків (і, відповідно, потенціалу зниження цих витрат) можна отримати на підставі таких міркувань. На час нічного провалу навантаження енергосистеми в основному виводяться в холодний резерв (зупиняються) теплові енергоблоки потужністю 150 та 200 МВт, а також корпуси блоків 300 МВт. Тобто, можна прийняти, що середня потужність енергоблоків ТЕС, які використовуються для регулювання потужності, що генерується в енергосистемі, складає 200 МВт.

Таким чином, виходячи з конфігурації змінених добових графіків електричного навантаження ТЕС, можна визначити загальну потужність енергоблоків ТЕС (P_{рег.тес}), які щодобово потріб-

но буде зупиняти у денний період і повторно пускати внаслідок неконтрольованого генерування електроенергії СЕС, а також середню кількість цих енергоблоків ($N_{\text{рег.мес}}$):

$$N_{\text{рег.мес}} = \frac{P_{\text{рег.мес}}}{200}. \quad (1)$$

Очевидно, що щодобові повторні пуски енергоблоків ТЕС пов'язані зі значною додатковою витратою палива для розпалу котлоагрегатів, причому мова йде про найбільш дороге паливо: природний газ або мазут. Так, для пуску одного енергоблоку ТЕС з холодного резерву необхідно витратити від 50 до 100 тис. куб. м природного газу (тобто, в середньому 75 тис. куб. м). Отже, при щодобовому повторному виведенні в холодний резерв у денний період відповідної кількості ($N_{\text{рег.мес}}$) енергоблоків ТЕС додаткові річні витрати на паливо для їх пусків ($Z_{\text{н.пуск}}$) можна визначити як

$$Z_{\text{н.пуск}} = N_{\text{рег.мес}} \cdot 75 \cdot 365 \cdot U_{\text{н.г}}, \quad (2)$$

де $U_{\text{н.г}}$ — ціна природного газу, грн./тис. куб. м.

Ще одна складова додаткових витрат ТЕС, частина енергоблоків яких буде задіяна для регулювання робочої потужності енергосистеми у денний період у зв'язку з появою в енергосистемі надлишку нерегульованої електричної потужності, яка генеруватиметься СЕС, пов'язана зі зниженням енергетичної ефективності цих енергоблоків під час їх роботи зі змінним навантаженням. Мова йде про те, що на теплових енергоблоках, які приймають участь у регулюванні графіків покриття навантаження енергосистеми, знижується коефіцієнт використання їх встановленої потужності та зростає питома витрата палива на виробництво електроенергії. Кількісну оцінку додаткових витрат ТЕС, пов'язаних зі зниженням енергетичної ефективності їх енергоблоків, які використовують як маневрові генеруючі потужності (і, відповідно, потенціалу зниження цих витрат), можна отримати на підставі відповідних статистичних даних. Зокрема, НЕК «Укренерго» в щорічних звітах наводить дані про середні фактичні значення коефіцієнтів використання встановленої потужності (КВВП) енергоблоків ТЕС і середні величини їх питомої витрати умовного палива ($b_{\text{y.n}}$).

Результати аналізу цих показників свідчать, що між ними існує тісна статистична залежність. Отже, для кількісної оцінки додаткових витрат ТЕС, пов'язаних з використанням їх енергоб-

локів для регулювання робочої потужності енергосистеми у денний період можна запропонувати математичну модель між вказаними показниками. В дещо спрощеному вигляді таку модель можна представити лінійними рівняннями регресії:

$$b_{y,n} = A + B \cdot KBBП, \quad (3)$$

де A та B — параметри (константи) рівняння регресії.

Використовуючи математичну модель (3), можна визначити, як у середньому зміниться питома витрата умовного палива на ТЕС за тій чи іншій зміні середнього КВВП їх енергоблоків. З цією метою на підставі даної залежності необхідно визначити два значення цього показника, що відповідають різним величинам КВВП енергоблоків ТЕС. Перше із значень питомої витрати палива слід визначити, виходячи з існуючого графіку навантаження ТЕС, енергоблоки яких використовуються і в базовій, і в регульованій частині графіків навантаження енергосистеми. При цьому для існуючого графіка навантаження необхідно розраховувати середню робочу потужність всіх теплових енергоблоків ($P_{існ.мес}$), задіяних до виробництва електроенергії. Загальна встановлена потужність існуючих в Україні теплових енергоблоків становить 28700 МВт. Отже, величина середнього КВВП енергоблоків ТЕС у відсотках до існуючого графіку навантаження енергосистеми дорівнює:

$$KBBП_{існ.} = \left(\frac{P_{існ.мес}}{28700} \right) \cdot 100. \quad (4)$$

Середня питома витрата умовного палива тепловими енергоблоками, які використовують для покриття існуючого графіку навантаження енергосистеми ($b_{y,n.існ.}$), визначається за допомогою виразу (4) при підстановці до нього відповідного значення середнього КВВП ТЕС ($KBBП_{існ.}$).

Друге значення питомої витрати умовного палива необхідно розраховувати, припускаючи, що існуючий графік навантаження ТЕС зміниться тією чи іншою мірою у зв'язку з тим, що частину цих енергоблоків доведеться зупиняти у денний період у наслідок появи в енергосистемі надлишку нерегульованої електричної потужності, що генеруватиметься СЕС. При цьому кількість електроенергії, що вироблятиметься енергоблоками ТЕС, зменшиться, а отже зменшиться середня робоча потужність теплових енергоблоків ($P_{зм.мес}$) і, відповідно, їх середній КВВП ($KBBП_{зм.}$). Середня

питома витрата умовного палива тепловими енергоблоками, що використовуються для покриття їх зміненого графіку навантаження ($b_{у.п.зм.}$) також визначається на підставі рівняння регресії (3) при підстановці в нього відповідного значення середнього КВВП ТЕС ($КВВП_{зм.}$).

Очевидно, що регресійна залежність (3) має певну похибку моделювання. Тобто, індивідуальні значення середньої питомої витрати умовного палива, отримані на підставі цього рівняння регресії, тією чи іншою мірою будуть відрізнятися від фактичних значень цього показника, зафіксованих за тих же значеннях КВВП енергоблоків ТЕС. Тому для одержання більш точної кількісної оцінки додаткових витрат ТЕС, пов'язаних з енергетично неефективними режимами роботи частини їх енергоблоків, які будуть задіяні для регулювання робочої потужності енергосистеми у зв'язку з появою в енергосистемі надлишку нерегульованої електричної потужності, що генеруватиметься СЕС, необхідно виходити з величини відносного зниження середньої питомої витрати умовного палива теплових енергоблоків при відповідній зміні їх добових графіків навантаження:

$$\Delta b_{у.п} = \frac{(b_{у.п.існ} - b_{у.п.зм})}{b_{у.п.існ}} \cdot 100 \%. \quad (5)$$

Таким чином, величина зазначених додаткових витрат ТЕС, пов'язаних зі зниженням енергетичної ефективності їх роботи ($\Delta Z_{дод.реж.}$), може бути визначена:

$$\Delta Z_{дод.реж} = W_{вир.тес} \cdot C_{п.вир} \cdot \Delta b_{у.п}, \quad (6)$$

де $W_{вир.тес}$ — кількість електроенергії, виробленої всіма тепловими енергоблоками протягом відповідного періоду (року); $C_{п.вир.}$ — середня величина паливної складової в собівартості електроенергії, що виробляється на ТЕС, грн. /кВт · год.

Приклад розрахунків, виконаних в процесі дослідження

Поступове зростання негативного впливу некерованого використання СЕС на режими роботи енергоблоків ТЕС можна проілюструвати, розглянувши декілька сценаріїв, які відповідають збільшенню загальної встановленої потужності СЕС, наприклад, до 4000 МВт (сценарій 1), до 5000 МВт (сценарій 2), до 6000 МВт (сценарій 3) або до 7000 МВт (сценарій 4). Такі величини встановленої потужності СЕС є цілком можливими, виходячи з того, що

згідно «Енергетичної стратегії України до 2035 року» частка відновлюваних джерел електричної енергії, приблизно половину потужності яких складають СЕС, до 2020 року повинна досягти 11 % загального обсягу виробництва електроенергії, а до 2035 року — 20 %. Для деякого спрощення подальших розрахунків можна прийняти, що обсяги виробництва електричної енергії енергоблоками ТЕС залишаються незмінними та для кожного із зазначених сценаріїв збільшення встановленої потужності СЕС є однаковими. У результаті появи в ОЕС надлишку нерегульованої електричної потужності, яка генеруватиметься СЕС, при незмінному попиті на потужність з боку споживачів добовий графік навантаження ТЕС суттєво зміниться.

Можливу зміну конфігурації добового графіка навантаження ТЕС внаслідок неконтрольованої СЕС найбільш наочно можна проілюструвати, проаналізувавши глибину та способи додаткового регулювання робочої потужності ТЕС, необхідність у якому виникне у разі реалізації сценарію 4 збільшення встановленої потужності СЕС. Щогодинні значення фактичної робочої потужності ТЕС у літній режимний день 2017 року, очікувані величини робочої потужності СЕС за зазначеним сценарієм розвитку їх встановленої потужності, а також обсяги надлишку чи дефіциту потужності, що з'являтиметься в енергосистемі у години доби, в які сонячна генерація буде значною, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Щогодинна робоча потужність енергоблоків ТЕС та СЕС,
а також надлишок чи дефіцит потужності,
що з'являтиметься в енергосистемі у разі реалізації сценарію 4
збільшення встановленої потужності СЕС**

Година доби	Фактична робоча потужність ТЕС, МВт	Приріст навантаження ТЕС, МВт	Очікувана робоча потужність СЕС, МВт	Приріст потужності СЕС, МВт	Надлишок (-)/дефіцит(+) генерації, МВт
5	4891	-32	555,142	457,534	489,534
6	4949	58	1488,522	933,38	875,38
7	5057	108	2281,587	793,065	685,065
...
19	6510	-8	97,608	-457,534	-449,534

Наведені в таблиці 1 обсяги надлишку чи дефіциту потужності в енергосистемі можуть бути скомпенсовані тільки шляхом відповідного додаткового регулювання робочої потужності ТЕС. Результати аналізу можливих способів та глибини такого регулювання в ситуації, що розглядається, наведено в таблиці 2.

Шляхом проведення подібного аналізу можна визначити режими роботи теплових енергоблоків, необхідні для компенсування надлишку нерегульованої електричної потужності, що генеруватиметься СЕС, відповідно з іншими зазначеними сценаріями зростання їх встановленої потужності.

Таблиця 2

Додаткове регулювання робочої потужності енергоблоків ТЕС у разі реалізації сценарію 4 збільшення встановленої потужності СЕС

Година доби	Надлишок (–)/дефіцит (+) генерації, МВт	Необхідна робоча потужність ТЕС, МВт	Маневрена здатність ТЕС, МВт	Спосіб та глибина (МВт) регулювання робочої потужності ТЕС		
				Маневрена здатність	Зупинка енергоблоків	Пуск енергоблоків
5	489,534	4401,466	733,65	–489,534	0	0
6	875,38	3526,086	660,2199	–660,2199	–215,1601	0
7	685,065	2841,021	528,9129	–528,9129	–156,1521	0
...
19	–449,534	6478	904,2699	449,534	0	0

Згідно з даними таблиці 2, у випадку реалізації сценарію 4 зростання встановленої потужності СЕС (до 7000 МВт) баланс між генеруванням електричної потужності в ОЕС і попитом на неї споживачів тільки частково може бути забезпечено за рахунок маневрених можливостей ТЕС. Частину надлишку потужності, що генеруватиметься СЕС, у цьому випадку доведеться компенсувати шляхом повторного зупинення у денні години частини теплових енергоблоків загальною потужністю близько 600 МВт, які було «піднято» на початку доби, що відповідає 3 енергоблокам з середньою встановленою потужністю 200 МВт (1). Очевидним є, що для нормального проходження вечірнього максимуму навантаження енергосистеми ці ж 3 енергоблоки ТЕС мають бути знову виведені на робочий режим.

Додаткові річні витрати природного газу на повторні пуски теплових енергоблоків, які щодоби на денний період виводяться в

резерв у зв'язку з надлишком нерегульованої потужності, що генеруватиметься СЕС, в середньому складатимуть:

$$3 \cdot 365 \cdot 75 \cdot 10^3 = 82,125 \text{ млн. куб. м.}$$

Приймаючи ціну на природний газ, яка з 01.02.2019 року для промислових споживачів дорівнює 9549 грн. за 1000 куб. м, додаткові витрати коштів на паливо, необхідне для щодобових повторних пусків енергоблоків ТЕС ($Z_{n,пуск}$), згідно з формулою (2) становитимуть у середньому:

$$82,125 \cdot 9549 = 784,212 \text{ млн. грн. / рік.}$$

Для одержання кількісної оцінки додаткових витрат ТЕС, пов'язаних з використанням їх енергоблоків для регулювання робочої потужності енергосистеми у денний період, має бути побудована математична модель (3) залежності між середніми фактичними коефіцієнтами використання встановленої потужності (КВВП) енергоблоків ТЕС і середніми величинами їх питомої витрати умовного палива. В процесі виконання попередніх досліджень було визначено рівняння регресії між зазначеними показниками, яке має вигляд:

$$b_{у.л} = 572,8098 - (6,20397 \cdot \text{КВВП}).$$

Згідно з фактичним графіком електричного навантаження енергоблоків ТЕС протягом літнього режимного дня 21.06.2017 року середня їх робоча потужність дорівнювала 5945 МВт. Тобто, фактичний середній КВВП цих енергоблоків у зазначений режимний день, визначений за формулою (4), становив:

$$\text{КВВП}_{\text{факт.}} = (5945 / 28700) \cdot 100 = 20,7 \text{ \%}.$$

Застосовуючи наведене вище рівняння регресії (3), можна визначити середнє значення питомої витрати умовного палива тепловими енергоблоками, яке відповідає розрахованій середній величині їх КВВП:

$$b_{у.л} = 572,8098 - 6,20397 \cdot 20,7 = 444,39 \text{ г у.п. / кВт} \cdot \text{год.}$$

Якщо добовий графік електричного навантаження енергоблоків ТЕС зміниться так, як очікується у випадку реалізації сценарію 4 збільшення нерегульованої потужності СЕС, середня робоча потужність теплових енергоблоків зменшиться до 3456,8 МВт, і відповідно, зменшиться середній КВВП:

$$\text{КВВП}_{\text{зм.}} = (3456,8 / 28700) \cdot 100 = 12,05 \text{ \%}.$$

На підставі рівняння регресії (3) при такому значенні КВВП середня питома витрата умовного палива теплових енергоблоків буде складати:

$$b_{y,п} = 572,8098 - 6,20397 \cdot 12,05 = 498,05 \text{ г у.п. / кВт} \cdot \text{год.}$$

Таким чином, у ситуації, що розглядається, слід очікувати, що середня питома витрата умовного палива енергоблоками ТЕС у порівнянні з її величиною, що відповідає фактичному КВВП цих енергоблоків для режимного дня 21.06.2017 року, згідно з формулою (5) зросте на 12,08 %.

Обсяг виробництва електричної енергії ТЕС в Україні у 2017 році складав 44,96 млрд кВт · год., а вартість палива, що витрачається цими блоками в середньому становила 0,91 грн. / кВт · год.

Отже, якщо середня питома витрата умовного палива на ТЕС у порівнянні з її фактичною величиною зросте на 12,08 %, загальна вартість робочого палива на виробництво електроенергії цими енергоблоками також збільшиться пропорційно, тобто величина додаткових витрат ТЕС, пов'язаних зі зниженням енергетичної ефективності їх роботи ($\Delta Z_{\text{дод.реж.}}$), за формулою (6) буде складати:

$$Z_{\text{дод.реж}} = 44,96 \cdot 0,91 \cdot 0,1208 = 4,94 \text{ млрд грн. / рік.}$$

Таким чином, загальні додаткові витрати ТЕС, пов'язані з погіршенням режимів їх роботи в наслідок появи в енергосистемі надлишку нерегульованої електричної потужності, що генеруватиметься СЕС, у випадку реалізації сценарію 4 неконтрольованого зростання їх встановленої потужності, враховуючи обидві наведені вище складові цих витрат, становитимуть 5,72 млрд грн./рік.

Очевидним є, що розмір цих додаткових витрат (а точніше, втрат) є значним, а тому не усвідомлювати невідворотність їх появи у недалекому майбутньому та не враховувати їх у процесі подальшого розвитку сонячної енергетики не можна.

Висновки.

1. Безконтрольне (некероване) використання СЕС у міру зростання їх встановленої потужності поступово все більш загострюватиме одну з найбільших відчутних проблем ОЕС України — нерівномірність добових графіків навантаження традиційної генерації, зокрема ТЕС, що призведе до зниження надійності та економічності функціонування енергосистеми.

2. Необхідність компенсування надлишку нерегульованої електричної потужності, що генеруватиметься СЕС, шляхом суттєвої змі-

ни у денний період режимів роботи ТЕС викликає появу значних додаткових витрат на виробництво електричної енергії тепловими енергоблоками, що стане ще однією вагомою причиною для подальшого підвищення оптових цін та роздрібних тарифів на електроенергію.

3. Зазначених додаткових витрат на виробництво електроенергії (і відповідно, підвищення цін і тарифів на неї) можна уникнути або, принаймні, суттєво їх зменшити, узгоджуючи режими роботи СЕС з характером попиту споживачів на електричну потужність, з режимами функціонування об'єктів традиційної генерації, сприяючи тим самим зменшенню нерівномірності навантаження енергосистеми і графіків його покриття.

Література

1. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 01.10.2014 р. № 902-р. Про національний план дій з відновлювальної енергетики на період до 2020 року.

2. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей. ДП «НЕК Укренерго». — 2017. — 117 с.

3. Закон України «Про ринок електричної енергії» від 13.04.2017 р. № 2019-VIII.

4. Черноусенко О.Ю Стан енергетики України та результати модернізації енергоблоків ТЕС. Проблеми загальної енергетики. — 2014. — № 4 (39). — С. 20—28.

5. Праховник А. В., Находов В. Ф., Замулко А. І. Актуальні питання управління попитом на електричну енергію та потужність. Проблеми розвитку енергетики. Погляд громадськості. — 2010. — № 7. — С. 191—193.

6. Лазуренко А. П., Черкашина Г. И. Определение потенциального экономического эффекта от выравнивания графиков электрической нагрузки ОЭС Украины. Міжнародний науково-технічний журнал. Світлотехніка та Електроенергетика. — 2009. — № 1 (17). — С. 4—12.

7. Находов В. Ф., Замулко А. И., Мохаммад Аль Шарари, Чекамова В. В. Оценка потенциала снижения затрат энергосистемы в результате выравнивания суточных графиков ее электрической нагрузки. Вісник НТУ«ХПІ». — 2016. — № 4 (1176). — С. 21—31.

Інформація про авторів: Находов В. Ф., доктор техн. наук, доцент nahodov@gmail.com

ПРАХОВНИК Н. А., канд. техн. наук, доцент

ЗЕМЛЯНСЬКА О. В., магістр

ШУТЕНКО Р. П., бакалавр

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

***Анотація.** В статті розглянуто питання моніторингу екологічної безпеки техногенних об'єктів та оптимізації проведення спостережень під час виконання екологічних завдань за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Представлено результати аналітичного огляду позитивних та негативних можливостей застосування БПЛА в процесі спостереження та отримання даних від об'єктів екологічного моніторингу і визначенні завдання їх вирішення.*

***Ключові слова:** безпілотні літальні апарати, екологічний моніторинг, спостереження, виявлення, визначення характеру впливу, навколишнє природне середовище.*

***Abstract.** The article deals with the monitoring of environmental safety of man-made objects and optimization of observations during the execution of environmental tasks with the help of unmanned aerial vehicles (UAVs). The results of the analytical review of the positive and negative possibilities of UAV application in the process of observation and data acquisition from the objects of environmental monitoring and determination of the problem of their solution are presented.*

***Keywords:** unmanned aerial vehicles, environmental monitoring, observation, detection, determination of the nature of the impact, environment.*

Вступ. У період інтенсивного розвитку господарської діяльності виникає необхідність оцінити вплив на навколишнє середовище регіону з промисловим виробництвом і визначити його ступінь. Для обліку антропогенного впливу необхідно в першу чергу знати масштаб і глибину впливу на середовище проживання та зміни біосфери Землі. Це обумовлює необхідність проведення екологічного моніторингу регіону з можливістю подальшого оцінювання та прогнозування стану довкілля.

Під моніторингом будемо розуміти комплексну систему регулярних тривалих спостережень у просторі та в часі, що дає інфор-

мацію про минулий стан навколишнього середовища і зараз. Так само система моніторингу дозволяє здійснити прогнозування змін параметрів зовнішнього середовища в наслідок антропогенного впливу, що має особливе значення для біоти.

Аналіз стану питань. Сучасні фундаментальні дослідження показали, що для достовірної оцінки стану навколишнього середовища необхідно використовувати комплексний підхід до отримання інформації. Комплексний підхід при проведенні моніторингу доквілля надає більшого значення для забезпечення сталого розвитку території та її екологічної безпеки [1—3]. У даному випадку можливо стверджувати, що чим більш якісно проведено спостереження (визначення різних параметрів навколишнього природного середовища) тим більш точно можна спрогнозувати розвиток дій та наслідків в умовах техногенного впливу. Крім цього, виникають ситуації, коли необхідно оперативне провести і оцінити стан навколишнього середовища в умовах викиду в атмосферне (водне, земне) середовище [2].

Аналізуючи [1—3], можна прийти до висновку, що при проведенні екологічного моніторингу великих територій особливе значення займають дистанційні методи з використанням аерокосмічних технологій. При цьому, інформація, що поступає з дистанційних літальних апаратів (незалежно від застосування чи то космічних, чи то авіаційних) залежить від несучих бортових систем. Однак до гідності безпілотних авіаційних систем, є не тільки оперативне їх використання в заданому районі, а й можливість спостереження з поточною діяльністю реального часу з можливістю знімання параметрів стану навколишнього середовища. Таке уявлення дозволяє отримати системне уявлення даних і більш чітко оцінити антропогенний вплив на стан навколишнього середовища [2].

Мета роботи. Метою статті є розкриття особливостей використання безпілотних літальних апаратів в екологічному моніторингу та визначення напрямків їх застосування для проведення контролю за параметрами стану навколишнього природного середовища заданих територій.

Завдання. Провести аналіз можливості використання БПЛА в системі екологічного моніторингу; висвітлити особливі властивості застосування БПЛА в системі спостереження; визначити можливості БПЛА для формування процедури проведення екологічного моніторингу та визначити коло екологічних завдань для їх вирішення за допомогою БПЛА; розглянути можливості застосування БПЛА в системі спостереження та знімання параметрів навколишнього середо-

вища, що є підґрунтям для проведення робіт, що пов'язані з проведенням екологічного моніторингу.

Методи, матеріали і результати досліджень. У дослідженні використано наступні методи: системний підхід до розробки складних систем, проведення порівняльного аналізу параметрів та властивостей БПЛА, математичні моделі оптимізації для побудови складних систем.

Аналіз основних науково-дослідних робіт і дослідно-конструкторських розробок свідчить про реалізацію спрямованих досліджень на створення і застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) щодо наявних (несучих) бортових навантажень [1]. Основа використання БПЛА базується на різній бортовій апаратурі, оснащеній телевізійними камерами, біохімічними, радіаційними та акустичними датчиками та інших спеціалізованих датчиках.

В даний час створення БПЛА поки не вийшло зі стадії завершених концептуальних досліджень. [1] Так багато фахівців вважають, що застосування БПЛА в більшій мірі залежить від того навантаження, яке несуть на собі бортові системи [2]. Однак необхідно розуміти, що рішення поставлених завдань також можуть залежати від функціональних можливостей БПЛА (в тому числі і по передачі інформації). Крім цього, від принципів функціонування БПЛА можуть змінюватися як якісні, так і кількісні характеристики цільового призначення.

Також світові виробники проводять роботи, спрямовані на створення перспективних зразків і розвиток БПЛА [3]. Так, на сучасному етапі проявилася тенденція, пов'язана з удосконаленням бортових засобів обробки інформації, які призводять до створення необхідних об'ємів обміну інформацією. Це пов'язано з іншими технологічними рішеннями: чим більш повно буде здійснено обробку інформації на борту БПЛА, тим менші обсяги інформації доведеться передавати на пункти управління. Крім цього, виділяється напрямок пов'язаний з вдосконаленням бортових засобів обробки інформації щодо розпізнавання об'єктів, що є першочерговим на етапах автоматичного управління, пов'язаних з повною автоматизацією процесів управління режимами польоту БПЛА.

Також розглядаються питання, пов'язані з порушенням зв'язку БПЛА. Наприклад, якщо в процесі вильоту відбулася втрата зв'язку з командним літаком або наземним пунктом, бортова система автоматичного управління безпілотного літального апарату повинна самостійно прийняти рішення і забезпечити продовження польоту до об'єкта спостереження або повернення в район посадки [3].

З огляду на все вищесказане, можна виділити основні напрями досліджень, що проводяться, які вивчають питання, спрямовані на: розробку і вдосконалення системи автоматичного розпізнавання різних об'єктів (з урахуванням рішення найпростіших завдань, в тому числі і автоматичного визначення категорій різних об'єктів); забезпечення надійного радіозв'язку БПЛА з пунктом управління (наземним або повітряним); надання БПЛА властивостей, що дозволяють враховувати зміни в навколишньому середовищі при виконанні завдань в автономному режимі; розробку бортової системи обробки інформації, яка могла б з усього потоку спеціалізованих даних, які надходять до БПЛА, виділяти найбільш важливі відомості про об'єкти, що дозволить істотно скоротити обсяг даних при передачі на інші літальні апарати або наземні пункти управління; обробку програм навігаційного забезпечення БПЛА, які дозволять їм виконувати польоти в складі групи, або вибрати альтернативні маршрути і здійснити взаємодію з пунктом управління.

Таким чином, основною перевагою застосування БПЛА при проведенні екологічного моніторингу, є здійснення спостереження з можливим отриманням даних дистанційними приладами. Крім цього, можливість використання БПЛА дає дані про екологічний об'єкт спостереження та місцевість, про стан навколишнього середовища, а також візуалізацію території на якій ведеться спостереження і можливість оцінки в реальному масштабі часу.

Інтенсивне застосування БПЛА в екологічному моніторингу пов'язано з розробкою різних приладів і пристроїв для здійснення оцінки стану навколишнього середовища, що дає можливість розширити спектр завдань спостереження з їх використанням [4–5]. Тому важливим фактором, що визначає можливості контролю і оцінки навколишнього середовища є вибір БПЛА і бортових систем, необхідних для вирішення поставлених завдань для проведення екологічного моніторингу територій.

У літературі [4] досить детально представлена класифікація БПЛА та існуючі бортові системи. Однак, на жаль, на сьогоднішній день немає взаємозв'язку характеристик бортових систем БПЛА з їх можливостями для застосування та вирішення конкретних екологічних завдань. Необхідність визначення цього взаємозв'язку полягає не тільки у виборі бортових систем БПЛА та їх можливостей застосування, але і пошуку рішення оптимізаційних задач з проведенням екологічного моніторингу та можливістю застосування відповідного інструментарію при прийнятті керуючого рішення для ліквідації наслідків.

Таким чином, розглянемо основні завдання екологічного моніторингу для виявлення і оцінювання антропогенного впливу території: спостереження за джерелами антропогенного впливу; спостереження за факторами антропогенного впливу; спостереження за станом природного середовища та процесами, що відбуваються під впливом факторів антропогенного впливу; оцінювання стану природного середовища; прогнозування зміни природного середовища під впливом факторів антропогенного впливу і оцінка прогнозованого стану природного середовища.

Розуміючи, що екологічний моніторинг полягає у визначенні стану навколишнього середовища для оптимізації взаємодії людини з природою, а також у екологічній спрямованості господарської діяльності, необхідно виділити ряд етапів для досягнення та їх реалізації на основі виконання поставлених завдань [5—6]:

- здійснення планування для проведення екологічного моніторингу за певною (промисловою) територією регіону;
- визначення вимог до проведення екологічного моніторингу;
- вибір обладнання та бортових систем БПЛА;
- проведення спостережень із застосуванням БПЛА;
- виявлення джерел впливу з використанням бортових систем БПЛА;
- виявлення джерел впливових факторів;
- аналіз параметрів навколишнього середовища з можливістю оцінки її стану;
- прогнозування стану навколишнього середовища для визначення характеру впливу.

На етапі безпосереднього проведення екологічного спостереження, необхідно здійснити:

- вибір об'єкта спостереження;
- детальне вивчення, обстеження, оцінювання даного об'єкта (процесу);
- формування інформаційної моделі, або схеми спостережуваного об'єкта (процесу);
- аналіз стану об'єкта (процесу), ідентифікація його схематичної інформаційної моделі;
- оцінювання складання об'єкта (процесу) моніторингу;
- моделювання можливих змін стану об'єкта (процесу) спостереження;
- розрахунок та систематизація інформації для її передачі на пункт управління.

Крім того, необхідно на підготовчому етапі здійснити:

- метрологічне забезпечення систем БПЛА;
- калібрування бортових систем БПЛА.

У таблиці 1 наведено взаємозв'язок основних задач при проведенні екологічного моніторингу з можливістю застосування БПЛА. В першу чергу це пов'язано з можливістю проведення дистанційного спостереження за територією, наявністю бортових систем та можливістю їх застосування.

Таблиця 1

**Виконання завдань за допомогою БПЛА
при проведенні екологічного моніторингу**

№	Завдання	Рішення завдань (БПЛА)	Переваги рішення
1.	Спостереження за джерелами антропогенного впливу	Проведення спостереження за екологічним об'єктом, або процесом впливу на навколишнє середовище за допомогою бортових систем	Оперативне проведення спостереження
22.	Спостереження за факторами антропогенного впливу	Застосування різних сучасних бортових пристроїв для виявлення антропогенного впливу	Своєчасність визначення параметрів стану навколишнього природного середовища за допомогою: різної динаміки польоту БПЛА та оптимізації його маршруту польоту, використання різних сучасних пристроїв для визначення впливу
33.	Спостереження за станом природного середовища та що відбуваються в них процесами під впливом факторів антропогенного впливу	Визначення характеру та епіцентру. Аналіз стану середовища	Забезпечення в реальному масштабі часу можливості визначення характеру впливу на екологічні об'єкти на основі використання різних бортових пристроїв БПЛА
44.	Оцінювання фізичного стану природного середовища.	Проведення оцінювання стану території	Визначення стану території для прийняття управлінських рішень
55.	Прогноз зміни природного середовища під впливом факторів антропогенного впливу та оцінка прогнозного стану природного середовища	Визначення параметрів поточного стану навколишнього природного середовища для моделювання та прогнозування	Прогнозування поточного стану території та моделювання змін антропогенного впливу на стан території для прийняття управлінських рішень

На етапі аерозйомки необхідно здійснити рух БПЛА по заданому маршруту з можливістю адаптивно його змінити в разі необхідності. Так само на даному етапі здійснюється попередній розрахунок даних для польоту БПЛА у відповідності отриманих параметрів навколишнього середовища. При цьому, необхідно враховувати: повноту покриття, точність та якість пілотування. Після передачі спеціалізованих даних на етапах їх обробки необхідно провести: геокодування точок; виділення істинної поверхні Землі, рослинності, водної поверхні; створення ортофото-мозаїки; створення семантичних 3D моделей; дешифровку знімків, виділення необхідних контурів об'єктів (процесів). При цьому, перші три етапи обробки є загально топографічною обробкою, а наступні є семантичною обробкою.

Отримані результати. Проведено порівняльний аналіз властивостей БПЛА, висвітлено процес обробки інформації в системі екологічного моніторингу при здійсненні вибору оптимальної структури системи екологічного моніторингу за допомогою використання БПЛА. На основі системного аналізу різних технічних показників та властивостей БПЛА можливо здійснити вивчення структурно-параметричних характеристик та дослідити режими роботи літальних апаратів в різних умовах при побудові системи екологічного моніторингу.

Висновки. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: проведено аналіз властивостей БПЛА, визначено характеристики та параметри, що впливають на спостереження в системі екологічного моніторингу, також висвітлено коло питань, які необхідно враховувати при побудові системи екологічного моніторингу з використанням дистанційно керованих літальних апаратів.

У ході аналізу проведеного дослідження в роботі представлені результати, пов'язані з можливістю використання БПЛА для вирішення екологічних завдань. Ефективність вирішення екологічних завдань залежить від визначення найбільш повних даних про стан навколишнього середовища та оцінки можливих загроз у регіоні. Використання БПЛА для дослідження та контролю стану навколишнього середовища залежить від бортових систем та їх можливостей під час проведення екологічного моніторингу.

При цьому виникає необхідність уточнення задач спостереження за станом навколишнього середовища. Це обумовлено обмеженнями бортового навантаження БПЛА та масо-габаритними

характеристиками бортових приладів. Крім цього виникає ряд питань пов'язаних з рішенням доставки отриманих даних під час проведення спостереження на певній території, тому що енергетичні характеристики обмежені за своїми можливостями.

Усі вище перелічені причини змушують дотримуватись строгого порядку складання задач екологічного моніторингу та обмежують можливості доставки первинної інформації з БПЛА. Тому в статті представлені результати аналітичного огляду можливості застосування БПЛА в спостереженні та отриманні даних від об'єктів екологічного моніторингу та визначені завдання їх вирішення.

Література

1. Клименко М. О. Моніторинг довкілля / М. О. Клименко, А. М. Прищепа, Н. М. Вознюк. — К.: Академія, 2006. — 360 с.
2. Якунина И. В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг / И. В. Якунина, Н. С. Попов. — Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. — 188 с.
3. Мичак А. Г. Аерокосмічні дослідження геологічного середовища / А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович та ін. — К., 2010. — 246 с.
4. Гребеников А. Г. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов / А. Г. Гребеников, А. К. Мялица, В. В. Парфенюк и др. — Х.: НАУ им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». — 2008. — 377 с.
5. Кобрина Н. В. Применение беспилотных авиационных комплексов для решения экологических задач / Н. В. Кобрина, Т. А. Клочко // Экология и промышленность. — Х.: ГП «УкрНТЦ Энергосталь». — 2014. — № 1 (38). — С. 88—90.
6. Пітак І. В. Геоінформаційні технології в екології / І. В. Пітак, А. А. Негадайлов, Ю. Г. Масікевич та ін. — Чернівці, 2012. — 273 с.

Інформація про авторі: Праховнік Н. А., канд. техн. наук, доцент
abakumova@ukr.net

ШУЛЬГА Ю. І., канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ УКРАЇНИ ЗА РАХУНОК РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

***Анотація.** У статті розглядаються проблеми та шляхи їх вирішення у сфері безпеки праці на вугільних підприємствах України за рахунок ресурсо- та енергозберігаючих технологій. Такий підхід дає можливість підвищити безпеку роботи шахтарів та покращити екологічний стан довкілля.*

***Ключові слова:** енергозбереження, ресурсозбереження, безпека, підземний, газ, метан.*

***Abstract.** The article deals with the problems and ways of their solution in the field of labor safety at coal enterprises of Ukraine at the expense of resource and energy-saving technologies. This approach provides an opportunity to increase the safety of life with respect to the use of manmade gas methane gas.*

***Keywords:** energy conservation, resource conservation, safety, underground, gas, methane.*

Низькі показники енергетичної ефективності вуглевидобутку є причиною високої вартості вугілля, його низької конкурентоспроможності. Якщо в минулому електроенергія в загальній вартості вугілля складала 4—5 %, то зараз ця цифра зросла до 20 %, а для деяких вуглевидобувних компаній — до 50 %. Такому стану сприяють зростання цін на електроенергію, низькі темпи зростання вугільної промисловості та її модернізації. У цілому ж, незважаючи на те, що з 1997 року у галузі з'явилася тенденція росту видобутку вугілля і зниження питомих витрат електроенергії, останні продовжують залишатися практично на колишньому рівні через незначне загальне зниження споживання електроенергії шахтами.

Гірничо-геологічні умови видобутку також впливають на показники енерговитрат. Істотно відрізняються питомі витрати елек-

троенергії на відкритих вугільних розробках (5—10 кВт/т) і при підземному видобутку. Однак Україна не має можливостей для розширення обсягів видобутку вугілля кар'єрним способом [1]. Тому потрібне впровадження ресурсо- та енергозберігаючих технологій у вугільній промисловості для зменшення собівартості видобування вугілля.

У даний час складні гірничо-технічні умови, низький рівень механізації технологічних процесів, невідповідність параметрів вуглевидобувної техніки конкретним умовам залягання пластів, а також дефіцит наявності контрольно-вимірювальної апаратури з високим ступенем надійності та відсутність кваліфікованих кадрів є причиною достатньо високого рівня аварійності та травматизму.

У той же час в цілому у вугільній промисловості України спостерігається стійка тенденція суттєвого зниження загального та смертельного травматизму відносно ВВП.

Потрібно окремо відмітити, що вугільні пласти вміщують у собі гази у вигляді суміші метаморфогенних газів та газових компонентів: метан (0—99 %), вуглекислий газ (0—20 %), етан (0—3 %) та мікродомішки (бутан, пропан, пентан, водень, сірководень, криптон, ксенон, аргон, гелій, неон та ін.) — менше 1 %.

У відповідності з загальноприйнятими уявленнями шахтний газ (всього знайдено 16 його компонентів), головною складовою якого є метан CH_4 , утворюється при углефікації, яка є фізико-хімічним перетворенням рослинних залишків вугілля при високій температурі та величезним тиском.

Газодинамічні явища, які включають в себе раптові викиди вугілля та газу, становлять багато проблем, вирішення яких стає все більш актуальним. Смертельний травматизм, який пов'язаний з газодинамічними явищами, має тенденцію в останні роки зростати. Вентиляція дозволяє зменшити процентне відношення метану у шахтному газі, що дає змогу зменшити ступінь небезпеки виробничих процесів. Останнім часом все ширше використовуються системи поверхневих дегаційних скважин для дегазації вугільних пластів перед їх розробкою. Дуже важливо газ метан не викидати у атмосферу, а використовувати його як якісне паливо. Як показує досвід використання метану у мирних цілях на шахтах донецької області, тільки біля 15,5 % видобутого газу використовується.

Окрім створення небезпечних умов праці та загрози здоров'ю та життю людей, виділення метану у повітря викликає значне погіршення екологічного стану навколишнього середовища.

Справа в тому, що метан є одним із шести основних парникових газів, що за столітній період здатний утримати тепла в атмосфері в 21 разів більше, ніж вуглекислий газ. Протягом останніх двох століть концентрація метану в атмосфері збільшилася більше ніж удвічі. Переважно це сталося в результаті діяльності людини, в тому числі внаслідок видобування вугілля.

У структурі викидів парникових газів в Україні метан займає близько 35 %. Основним джерелом викидів метану у повітря традиційно залишається енергетика. При цьому, у процесі видобутку вугілля викиди метану складають 80 % від усіх викидів метану в енергетиці України.

Основними джерелами викидів метану з вугільних родовищ є виділення метану внаслідок емісії з вугільних шахт через системи вентиляції та дегазації.

Викиди метану в результаті діяльності шахт можуть бути зменшені за рахунок вилучення та утилізації шахтного метану з підземних шахт.

Нині шахтний метан Донбасу використовується здебільшого на шахтних котельнях для виробництва тепла, хоча й існують набагато ефективніші способи його застосування.

Найновіші технологічні розробки останніх років, якими Україна володіє, дозволяють досить просто скористатися таким підходом.

Україна має величезні, фактично не розроблені ресурси метану вугільних родовищ. По його запасам наша країна займає четверте місце у світі. В основних вугільних басейнах — Донецькому і Львівсько-Волинському, за оцінками фахівців, вугільні пласти та вмещаючі породи містять 12—22 трлн. куб. м метану. Запаси метану на окремих шахтах коливаються від 0,2 до 4,7 млрд. куб. м. На сьогодні з глибин донецьких шахт можна видобувати й використовувати в енергетичних цілях більш 3 млрд. куб. м метану на рік.

Але на даний час майже весь величезний потенціал метану вугільних родовищ залишається задекларованим тільки на папері та має негативний ефект, тому що через вибухи газу у вугільних шахтах гинуть люди. З двох сотень шахт України 87 % — небезпечні за газом. Щорічно через підземні катастрофи гинуть сотні гірників. І найбільш трагічне в тому, що держава на сьогодні контролювати цей процес не в змозі. Видобуток і переробка газу налагоджена дуже слабо, а шахтний метан у буквальному значенні слова викидається на вітер.

Великомасштабний видобуток і утилізація метану вугільних родовищ дозволить у значній мірі задовольнити потреби України в енергоносіях.

За висновком Інституту геології та геохімії горючих копалин НАН України, метан вугільних родовищ повинен стати новою альтернативною базою розвитку енергетики країни. Вугільні родовища, на думку фахівців, треба розглядати як комплексні метано-вугільні і, відповідно, вести їх, розробку. Інститут оцінив ресурси Львівсько-Волинського та Донецького вугільних басейнів, на науковому рівні обґрунтовано їх ефективність та розроблені способи та технології видобутку та промислового використання.

На сьогоднішній день підземна дегазація існує на 62 шахтах, але із загальної кількості добутого метану утилізується 80 млн. м куб., що складає всього 4 % від загального газовиділення. А це майже у 4—5 разів нижче ніж європейські показники.

Враховуючи різноманітність способів та технологій видобування та використання вугільного метану, до окремої шахти та окремого об'єкту повинен бути застосований індивідуальний підхід, необхідний конкретний науково-технічний проект. Це зумовлено природними особливостями вугільного метану як корисної копалини.

Оскільки вугільний метан віднесений до категорії корисних копалин загальнодержавного значення, то на нього поширюється загальний порядок видобування та ліцензування у цій сфері. Але на діючий час відсутня методика оцінки запасів газу (метану) вугільних родовищ, що не дозволяє здійснювати видобування метану окремо, ще до розробки вугільних родовищ. Крім цього, у відпрацьованих вугільних шарах порушена цілісність породи і відбувається перетік метану між горизонтами впритул до поверхні. При видобуванні вугілля застосовується дегазація вугільного шару, яка теж призводить до часткового виділення метану. Усе це не дозволяє здійснити повну оцінку запасів метану. У зв'язку з цим з метою видобування метану необхідно одразу після геолого-розвідки переходити до видобування метану до повного його вилучення, тобто, до припинення виділення його зі свердловини. Зазначені особливості вугільного метану позначаються також на вирішенні питань ліцензування його видобування.

Видобування вугільного метану та природного газу суттєво відрізняються між собою. Метан міститься у вугільних пластах, а не у великих газових куполах, як природний газ. Відповідно, для промислового видобування вугільного метану необхідно значно

більш свердловин, ніж для природного газу, тому видобування його супроводжується значними витратами, а інвестиції у видобування метану пов'язані із значним ступенем ризику.

На цей час жоден закон не містить особливостей, пов'язаних з видобуванням вугільного метану та його подальшим використанням. Єдиний законодавчий акт, який згадує про метан вугільних родовищ, є Закон «Про альтернативні види рідкого та газового палива». Зазначеним законом вугільний метан лише відноситься до альтернативного виду палива.

Внаслідок зазначених моментів, неврегулювання правового статусу та порядку діяльності практично не знайшли поширення підприємства, що здійснюють утилізацію метану вугільних родовищ, адже такі підприємства вирішують екологічну проблему, знижують викиди шкідливих газів в атмосферу, а тому їх діяльність повинна заохочуватися державою. Усі ці та деякі інші моменти негативно впливають на процес видобування метану.

Викладене вище дає підставу зробити висновок, що масштабний видобуток і утилізація шахтного метану дозволяє великою мірою вирішити наступні проблеми:

1. Покращити умови безпечної праці шахтарів.
2. Покращити екологічний стан навколишнього природного середовища.
3. Впровадити на вугільних шахтах ресурсо- та енергозберігаючі технології.
4. Зменшити собівартість 1 тонни видобування вугілля.
5. Збільшити конкурентоспроможність вугілля на ринку.

Література

1. Енергоефективність та відновлювальні джерела енергії / За заг. ред. А. К. Шидловського, Київ: Українські енциклопедичні знання, 2007. — 560 с.

Інформація про авторів: Шульга Ю. І. канд. техн. наук, доцент.
Email shulgau@ukr.net

II. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ

УДК 517.927

ИСЛАМОВ И. ДЖ., канд. техн. наук, доцент
Азербайджанский Технический Университет, г. Баку
ИСМИБЕЙЛИ Э. Г., доктор техн. наук, профессор
Азербайджанский Технический Университет, г. Баку

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРУГЛОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ

***Аннотация.** В данной статье изучаются ТМ-поляризованные электромагнитные волны, распространяющиеся в диэлектрическом волноводе кругового сечения, заполненной средой. Разработан итерационный алгоритм, с помощью которого определяются значения собственных функций и спектрального параметра при соответствующих краевых условиях. Представлены численные результаты расчетов.*

***Ключевые слова:** электромагнитное поле, диэлектрический волновод, нелинейная задача, численные результаты, расчет.*

***Abstract.** The article deals with TM-polarized electromagnetic waves propagating in a dielectric waveguide of circular cross section filled with a medium. An iterative algorithm has been developed, with the help of which the values of the eigenfunctions and the spectral parameter are determined under corresponding boundary conditions. Numerical results of calculations are presented.*

***Keywords:** electromagnetic field, dielectric waveguide, nonlinear problem, numerical results, calculation.*

Рассмотрим трехмерное пространство R^3 с декартовыми координатами $Oxuz$. Это пространство заполнено изотропной средой без источников с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_3 = const$. В эту среду помещен круглый диэлектрический волновод с образующей, параллельной оси Oz и круговым поперечным сечением $W = \{x : 0 < x^2 + y^2 < R_2^2\}$.

Электромагнитное поле гармонически зависит от времени [1—3]:

$$\begin{aligned}\tilde{E}(r, \varphi, z, t) &= E_+(r, \varphi, z)\cos \omega t + E_-(r, \varphi, z)\sin \omega t, \\ \tilde{H}(r, \varphi, z, t) &= H_+(r, \varphi, z)\cos \omega t + H_-(r, \varphi, z)\sin \omega t,\end{aligned}\quad (1)$$

где ω — круговая частота; \tilde{E} , E_+ , E_- , \tilde{H} , H_+ , H_- — действительные функции.

Везде ниже временной множитель пропущен.

Образуем комплексные амплитуды полей **E**, **H**

$$\begin{aligned}E &= E_+ + iE_-, \\ H &= H_+ + iH_-\end{aligned}\quad (2)$$

где $E(E_r, E_\varphi, E_z)^T$, $H(H_r, H_\varphi, H_z)^T$ и $(\cdot)^T$ означает операцию транспонирования. Каждая компонента **E**, **H** является функцией трех пространственных переменных.

Электромагнитное поле **E**, **H** удовлетворяет системе уравнений Максвелла [1—3]

$$\operatorname{rot} \vec{H} = -i\omega\varepsilon \vec{E}, \quad (3)$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -i\omega\mu \vec{H}, \quad (4)$$

условиям непрерывности касательных составляющих полей **E**, **H** на границах раздела сред $r = R_1$ и $r = R_2$ и условию излучения на бесконечности: электромагнитное поле экспоненциально затухает при $r \rightarrow \infty$.

Пусть диэлектрическая проницаемость внутри волновода является скалярной функцией и внутри, и вне волновода и определяется следующим образом:

$$\varepsilon = \begin{cases} \varepsilon_1, \varepsilon_0, & 0 < r < R_1, \\ (1,8 + \chi E)\varepsilon_0, & R_1 < r < R_2, \\ \varepsilon_3, \varepsilon_0, & r > R_2, \end{cases} \quad (5)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ — вещественные положительные постоянные. Среда предполагается изотропной и немагнитной, во всем пространстве полагаем $\mu = \mu_0$.

Поверхностные волны, распространяющиеся вдоль образующей волновода, определяем при решении уравнений Максвелла во всем пространстве.

На рис. 1 представлена геометрия задачи. Цилиндр неограниченно продолжается в направлении оси z .

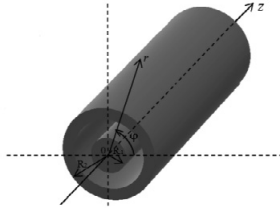


Рис. 1. Геометрия задачи

Рассмотрим ТМ-волны

$$E = (E_r, 0, E_z)^T, H = (0, H_\varphi, 0)^T, \quad (6)$$

где $E_r = E_r(r, \varphi, z)$, $E_z = E_z(r, \varphi, z)$, $H_\varphi = H_\varphi(r, \varphi, z)$.

Можем показать, что для рассматриваемой геометрии и выбранной нелинейности компоненты полей могут быть представлены в форме:

$$E_r = E_r(r)e^{i\gamma z}, E_z = E_z(r)e^{i\gamma z}, H_\varphi = H_\varphi(r)e^{i\gamma z}, \quad (7)$$

где γ — неизвестный вещественный спектральный параметр (постоянная распространения электромагнитной волны).

Обозначим $k_0^2 = \omega^2 \mu_0 \varepsilon_0$. Подставив компоненты (7) в (3) получим

$$\{\gamma^2 E_r + i\gamma \frac{\partial E_z}{\partial r} = k_0^2 \tilde{\varepsilon} E_r, i\gamma \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r E_r) - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r \frac{\partial E_z}{\partial r}) = k_0^2 \tilde{\varepsilon} E_z, \quad (8)$$

где $k_0^2 = \omega^2 \mu_0 \varepsilon_0$ и $\varepsilon = \tilde{\varepsilon} \varepsilon_0$, ε_0 , μ_0 — диэлектрическая и магнитная проницаемости свободного пространства.

Обозначая

$$E_r(r, \gamma) = \Psi_1(r, \gamma), \\ iE_z(r, \gamma) = \Psi_2(r, \gamma), \quad (9)$$

получим из (8)

$$\{\gamma^2 \Psi_2 + (\gamma - k_0^2 \tilde{\varepsilon}) \Psi_1 = 0, -\gamma \frac{1}{r} (r \Psi_1)' - \frac{1}{r} (r \Psi_2)' = k_0^2 \tilde{\varepsilon} \Psi_2 = 0, \quad (10)$$

где производная обозначает дифференцирование по r ; $\Psi_1(r, \gamma)$, $\Psi_2(r, \gamma)$ — вещественные функции.

Найдем те действительные значения спектрального параметра γ , для которых существуют действительные не равные тождественно нулю решения $\Psi_1(r, \gamma)$, $\Psi_2(r, \gamma)$, системы уравнений (10).

Полагаем, что функции $\Psi_1(r, \gamma)$, $\Psi_2(r, \gamma)$ дифференцируемы таким образом, что

$$\Psi_1 \in C[0, R_1] \cap C[R_1, R_2] \cap C[R_2, +\infty] \cap C_1[0, R_1] \cap C_1[R_1, R_2] \cap C_1[R_2, +\infty], \quad (11)$$

$$\Psi_2 \in C[0, +\infty] \cap C_1[0, R_1] \cap C_1[R_1, R_2] \cap C_1[R_2, +\infty] \cap C_2[0, R_1] \cap C_2[R_1, R_2] \cap C_2[R_2, +\infty],$$

Принимаем, что $\gamma^2 > \varepsilon_3$.

При $r > R_1$ получим $\varepsilon = \varepsilon_1 \varepsilon_0$ и система (10) будет иметь вид

$$\{\gamma^2 \Psi_2' + k_1^2 \Psi_1 = 0, -\gamma \frac{1}{r} (r \Psi_1)' - \frac{1}{r} (r \Psi_2)'\} = k_0^2 \varepsilon_1 \Psi_2 = 0, \quad (12)$$

где $k_1^2 = \gamma^2 - k_0^2 \varepsilon_1$.

Выражая функцию Ψ_1 из первого уравнения и подставляя его во второе уравнение системы, получим уравнение для функции Ψ_2 :

$$-\frac{\gamma}{k_1^2} \frac{1}{r} (r \Psi_2)'' - \frac{1}{r} (r \Psi_2)' - k_0^2 \varepsilon_1 \Psi_2 = 0. \quad (13)$$

Уравнение (13) является уравнением Бесселя и его можно записать в виде

$$\frac{1}{r} (r \Psi_2)'' + k_0^2 \varepsilon_1 \Psi_2 = 0. \quad (14)$$

Тогда решение системы (11) имеет вид

$$\Psi_1(r) = \frac{\gamma}{k_1} (C_1 I_0'(k_1 r) + C_1 K_0'(k_1 r)), \quad (15)$$

$$\Psi_2(r) = (C_1 I_0(k_1 r) + C_2 K_0(k_1 r)),$$

Функции I_0 и K_0 — модифицированная функция Бесселя и функция Макдональда нулевых порядков соответственно. Функция Макдональда $K_0(r)$ стремится к бесконечности при $r \rightarrow \infty$ а функция Бесселя $I_0(r)$ ограничена при $r \rightarrow \infty$. Принимая во внимание условие ограниченности поля во всякой конечной области и учитывая, что $I_0'(r) = I_1(r)$, получаем из (12)

$$\Psi_1(r) = \frac{\gamma}{k_1} C_1 K_1(k_1 r), \quad (16)$$

$$\Psi_2(r) = C_1 I_0(k_1 r).$$

При $R_1 < r < R_2$ имеем $\varepsilon = (1,8 + \chi E) \varepsilon_0$. Тогда система (10) примет вид

$$\begin{aligned} \{\gamma \Psi_2' + ((\gamma^2 - k_0^2(1,8 + \chi(\Psi_1^2 + \Psi_2^2))) \Psi_1 = 0, \\ -\gamma \frac{1}{r} (r \Psi_1)' - \frac{1}{r} (r \Psi_2)'\} = k_0^2(1,8 + \chi(\Psi_1^2 + \Psi_2^2)) \Psi_2 = 0. \end{aligned} \quad (17)$$

При $r > R_2$ имеем $\varepsilon = \varepsilon_3 \varepsilon_0$. Тогда система (10) примет вид

$$\begin{aligned} \{\gamma \Psi_2' + k_3^2 \Psi_1 = 0, \\ -\frac{1}{r} \gamma (r \Psi_1)' - \frac{1}{r} (r \Psi_2)' - k_0^2 \varepsilon_3 \Psi_2 = 0, \end{aligned} \quad (18)$$

где $k_3^2 = \gamma^2 - k_0^2 \varepsilon_3$.

Решение системы (18) будет иметь следующий вид

$$\begin{aligned} \Psi_1(r) &= \frac{\gamma}{k_1^2} (C_3 I_0'(k_3 r) + C_4 K_0'(k_3 r)), \\ \Psi_2(r) &= C_3 I_0(k_3 r) + C_4 K_0(k_3 r). \end{aligned} \quad (19)$$

Известно, что функция $I_0(r)$ стремится к бесконечности при $r \rightarrow \infty$, а функция $K_0(r)$ стремится к нулю при $r \rightarrow \infty$. Принимая во внимание данные условия и учитывая то, что $K_0'(r) = -K_1(r)$, получаем из (19)

$$\begin{aligned} \Psi_1(r) &= \frac{\gamma}{k_3^2} C_4 K_1(k_3 r), \\ \Psi_2(r) &= C_4 K_0(k_3 r). \end{aligned} \quad (20)$$

Как известно, касательные составляющие электромагнитного поля непрерывны на границе раздела сред. В рассматриваемом случае касательными составляющими являются компоненты E_z и H_φ . Из этого условия получаем

$$\begin{aligned} E_z(R_1 + 0) = E_z(R_1 - 0), \quad H_\varphi(R_1 + 0) = H_\varphi(R_1 - 0), \\ E_z(R_2 + 0) = E_z(R_2 - 0), \quad H_\varphi(R_2 + 0) = H_\varphi(R_2 - 0). \end{aligned} \quad (21)$$

Компонента E_r является нормальной компонентой и на границе раздела сред непрерывна.

Из вышесказанного получаем условия сопряжения для функций Ψ_1 и Ψ_2 :

$$[\varepsilon \Psi_1]_{r=R_1} = 0, \quad [\Psi_2]_{r=R_1} = 0, \quad [\varepsilon \Psi_1]_{r=R_2} = 0, \quad [\Psi_2]_{r=R_2} = 0, \quad (22)$$

где $[f]_{x=x_0} = \lim_{x \rightarrow x_0 - 0} f(x) - \lim_{x \rightarrow x_0 + 0} f(x)$.

Тогда из (22) получаем

$$\varepsilon_1 \Psi_1(R_1 - 0) = (1, 8 + \chi \Psi) \Psi_1(R_1 + 0), \quad \Psi_2(R_1 - 0) = \Psi_2(R_1 + 0), \quad (23)$$

$$(1, 8 + \chi \Psi_1) \Psi_1(R_2 - 0) = \varepsilon_3 \Psi_1(R_2 + 0), \quad \Psi_2(R_2 - 0) = \Psi_2(R_2 + 0), \quad (24)$$

где $\Psi = \Psi_1 + \Psi_2$, $\Psi = (\Psi_1, \Psi_2)^T$.

Можно увидеть, что при умножении в (3) полей **E**, **H** на произвольную постоянную $C_0 \neq 0$ и коэффициента нелинейности на C_0^{-2} система уравнений Максвелла не изменяется. Однако это обстоятельство не дает возможности выбора дополнительного условия нормировки. Поскольку при расчетах с конкретным коэффициентом χ окажется, что этот коэффициент нормирован на неизвестную постоянную C_0^{-2} . Считая постоянную C_1 заданной и равной единице, из (16), (20), (23), (24) получаем дисперсионное уравнение

$$\Delta(\gamma) = (\varepsilon_2 + \chi\Psi|_{r=R_2-0})\Psi_1(R_2 - 0) - \gamma \frac{\varepsilon_3 K_1(k_3 R_2)}{k_3 K_0(k_3 R_2)} \Psi_2(R_2 - 0). \quad (25)$$

Теперь мы можем сформулировать нелинейную задачу сопряжения на собственные значения, к которой свелась исходная задача о распространении волн. Требуется отыскать собственные значения γ и соответствующие им не равные тождественно нулю функции Ψ_1 , Ψ_2 , определяемые выражениями (16) при $r < R_1$ и (20) при $r < R_2$, удовлетворяющие системе уравнений (17) при $R_1 < r < R_2$ условиям сопряжения (22).

Для получения численных результатов решалась система дифференциальных уравнений (17) при $\gamma_j = \gamma_0 + jh_0$, $j = \overline{0, N-1}$, с некоторым шагом h_0 , где $\gamma \in (\varepsilon_3, \gamma^*)$, $\gamma^* < \max(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ (в линейной задаче) и (в нелинейной задаче). Затем вычислим значение $\Delta(\gamma_j)$ и определим отрезки изменения знак функции $\Delta(\gamma_j)$. На каждом отрезке значение локализованного корня уравнения $\Delta(\gamma) = 0$ уточнялось методом дихотомии.

Результаты расчетов представлены на рис. 2—6.

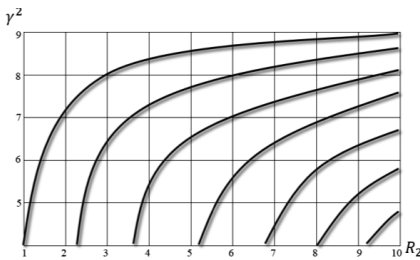


Рис. 2. Зависимость постоянной распространения γ^2 от радиуса R_2 .

При расчете использовались следующие значения параметров:

$$\varepsilon_1 = 4, \varepsilon_2 = 9, \varepsilon_3 = 1, \\ R_1 = 2,2 < R_2 < 12, \chi = 0, k_0 = 1$$

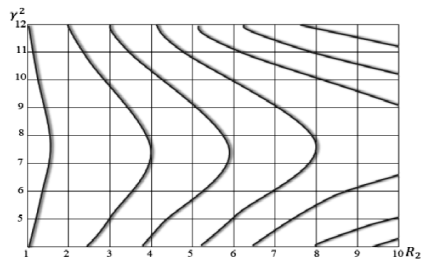


Рис. 3. Зависимость постоянной распространения γ^2 от радиуса R_2 .

При расчете использовались следующие значения параметров:

$$\varepsilon_1 = 4, \varepsilon_2 = 9, \varepsilon_3 = 1, \\ R_1 = 2,2 < R_2 < 12, \chi = 0,01$$

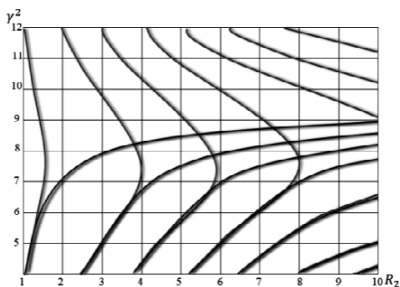


Рис. 5. Зависимость постоянной распространения γ^2 от коэффициента нелинейности χ . При расчете использовались следующие значение параметров:

$$\varepsilon_1 = 4, \varepsilon_2 = 9, \varepsilon_3 = 1, R_1 = 2, \\ \hat{R}_2 = 4, k_0 = 1$$

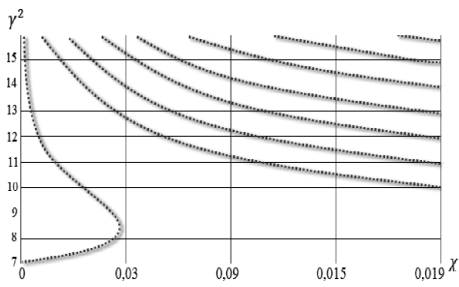


Рис. 5. Зависимость постоянной распространения γ^2 от коэффициента нелинейности χ . При расчете использовались следующие значение параметров:

$$\varepsilon_1 = 4, \varepsilon_2 = 9, \varepsilon_3 = 1, R_1 = 2, \\ \hat{R}_2 = 4, k_0 = 1$$

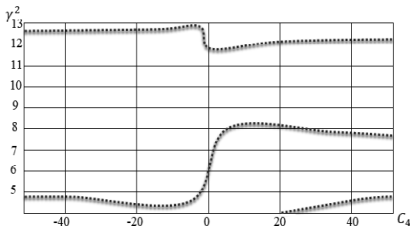


Рис. 6. Зависимость постоянной распространения γ^2 от постоянной C_4 . При расчете использовались следующие значение параметров:
 $\varepsilon_1 = 4, \varepsilon_2 = 9, \varepsilon_3 = 1, R_1 = 2, R_2 = 4, \chi = 0,01, k_0 = 1$

Литература

1. Jun-Sheng Zhao, Weng Cho Chew. Integral equation solution of Maxwell's equations from zero frequency to microwave frequencies. IEEE Transactions on Antennas and Propagation. Vol. 48, Issue 10, pp. 1635–1645, 2000.
2. Ismibayli, E. G., Islamov, I. J. and Gaziyevev, Y. G. Calculation Of The Electromagnetic Field Of The Microwave Of Devices With Use Of Method FDTD and Integral Kirchhoff. International Journal of Engineering Innovation and Research (IJEIR), Volume 5, Issue 1, pp. 103–106, 2016.
3. Islamov, I. J. Numerical method for analysis of electromagnetic field of microwave waveguide. International Conference on Antenna Theory and Techniques. September 9–12, Sevastopol, Ukraine, pp. 45–50, 2003.

WYSOCHIN V. V., PhD, Associate Professor
Odessa National Polytechnic University
Odessa, Ukraine

REGIME AND STRUCTURAL FACTORS OF INFLUENCE ON PRODUCTIVITY OF THE SOIL ACCUMULATOR OF SOLAR PLANT SYSTEM

***Abstract.** Non-stationary processes of heat exchange in a solar plant system with the thermal pump and the seasonal accumulator of heat with 9 soil vertical heat exchangers in the process of periodic charges of the accumulator during the summer period and discharges in winter for various regions of Ukraine are investigated. Recommendations about definition of a step of heat exchangers in a bush and their heights under condition of full maintenance of the consumer of heat during all winter period are offered.*

***Keywords:** the seasonal accumulator, solar plant system, the thermal pump.*

***Анотація.** Досліджено нестационарні процеси теплообміну в геліосистемі з тепловим насосом і сезонним акумулятором тепла з дев'ятьма ґрунтовими вертикальними теплообмінниками в процесі періодичної зарядки акумулятора в літній період і розрядки в зимовий для різних регіонів України. Запропоновані рекомендації з визначення кроку зондів поверхні та їхню глибини за умови повного забезпечення споживача тепла протягом усього зимового періоду.*

***Ключові слова:** сезонний акумулятор, геліосистема, тепловий насос.*

Introduction. The structure of solar systems of heating is made by solar collectors, seasonal accumulators of heat and thermal pumps. The most widespread design of seasonal accumulators of heat are vertical soil designs from many heat exchangers [1, 2], possessing convenient configuration and good operational indicators. Much individual (sectional) structures of accumulators differ with spatial placing, quantity and their sizes. The listed structural factors are defined by accumulator working conditions in a ground, and also the interfaced solar system. A variety of working conditions of systems of a heat supply demands the reliable substantiations considering of many factors of operation. For designers pres-

ence of methodical recommendations for choice constructive and operational parameters of the interfaced elements of system is important.

The analysis of last researches and publications. Usually the structure of the soil accumulator is offered to be carried out in the form of rectangular in respect of a bush with equal step between heat exchangers [2, 3, 4]. Such bushes differ with quantity of heat exchangers, their length and step. Data [2, 4, 5] shows that the step of an arrangement of heat exchangers to a bush and their length make essential impact on quantity of heat saved up in a ground. The step increase leads to growth of the thermal maintenance of a file. However the step increase leads to reduction of level of temperatures in a ground that is reflected in overall performance of the thermal pump. In [4] results of research on optimization of a step and lengths of heat exchangers on the basis of the multifactorial mathematical model describing system of interfaced solar collectors, the soil accumulator and the thermal pump are resulted. However influence of a temperature mode of charging of the accumulator has not been considered. In [5] results of research on influence of a step on heat transfer conditions in a soil file proceeding from conditions of a discharge of the accumulator are resulted. Such data cannot be extended to various service conditions with optimisation regime and structural factors. In [6–7] techniques and results of calculations are offered according to heat accumulation in rock at interface of the accumulator to solar system. The tasks was solved in the simplified statement — at harmonious influences at system a ground-heat exchanger [6], and — at interaction of the soil heat exchanger with a file which temperature was accepted by a constant [7]. Such statement does not give possibility to extend results for wide practical realisation.

The aim. Definition of rational parameters of structure of the sectional soil accumulator of solar system — a step and length of the heat exchangers, working in an all-the-year-round cycle in various regions, and also loading characteristics of system on the basis of mathematical model with multifactorial criterion function.

Statement of the basic material. The architecture of modelling object included solar system with flat solar collectors (SC), the thermal pump (TP) and the soil accumulator consisting of 9 vertical in parallel included heat exchangers of coaxial type in height h and cross-section step S . The problem was solved in the adjoint the form with consideration of processes of absorption of radiant energy in SC, heat carrying over to the heat exchanger and a ground, and also energy transformations in TP. Heat exchange in the soil heat exchanger is described by

system of the differential equations of power balance of all elements [1]: the heat-carrier of an internal pipe (submitting) and external (return), walls of pipes. Heat exchange in a ground is described by the equation of non-stationary heat conductivity in three-dimensional rectangular co-ordinates. Boundary conditions are formulated so that to capture process of carrying over and heat accumulation in a ground both in a zone of heat exchangers, and in the interfaced peripheral areas. The system of the equations was solved acertainly-difference method.

Material of pipes of the heat exchanger-plastic, heat conductivity of a wall $\lambda_w = 0,28 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$. Diameter of external pipes of the heat exchanger according to [1] was accepted equal 180 mm. The heat-carrier — water. Therefore heat-carrier cooling in evaporator TP was limited to temperature 1°C. At the analysis work TP with different temperatures of the heat-carrier circulating between heat exchangers and evaporator TP was modelled, and also at change of thermal loading. Mathematical model TP is developed on the basis of consideration thermodynamic and heat-massechange processes in its elements. The model researches, allowed to offer the well-founded analytical method supplementing integrated models of systems of a heat supply of any configuration with use of heat pumps are conducted. The dependence of connecting coefficient transformation of heat energy in TP (COP) with key parametres, being conditions of formation of duty TP is found and described: temperatures in the evaporator, the condenser, and heat source in linking to other elements of integrated systems.

Working conditions of solar system were concretised by co-ordinates of various regions of Ukraine with latitude from 45 to 51 degrees during the period which began on April, 15th (the cold season termination) and came to an end in 6 months (180 days). For research are accepted modern flat SC with the resulted characteristic $U_{\tau\alpha} = 4,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, where U — warmth loss factor; $(\tau\alpha)$ — optical characteristic SC. The heating season embraced 6 winter months.

At the solution of system of the equations of mathematical model temperature patterns in the heat exchanger and a soil file, heat content of a file of a ground, temperature and speed of heat-transfer agent circulating in solar system in development of daily and seasonal work of solar system were defined. Iterative calculation of process download heat defined total area SC which thermal productivity was limited by achievement of the maximum speed of heat-transfer agent (2 m/s) in soil heat exchangers at the fixed temperature of heat-transfer agent on an entry in the heat exchanger. Also iterative calculation defined settlement thermal

loading of heating and matching settlement (nominal) thermal loading of evaporator TP. Heating load Q_h it was defined on a condition of satisfaction daily, depending on temperature of outdoor air, the schedule of thermal loading of a user during all period of heating in various regions. The algorithm of model allowed to release warmth to a user in a regime of droppings depending on heat-transfer agent temperature on an exit from the soil heat exchanger. The bottom criteria of definition Q_h were or a daily deficiency of warmth of a current of any days of the heating period, or achievement of the minimum temperature of a ground (background) on average distance between heat exchangers and on depth to equal semialtitude of a one (ground super-cooling).

On fig. 1 dependence of optimum depth of the heat exchanger on a settlement heating load of a user is presented at different temperatures of heat-transfer agent on an entry to the heat exchanger (t_{in}), and also thermal diffusivity of a ground (a). Locality latitude $\varphi = 46,5$ deg. The heating load was defined on all bush consisting of nine heat exchangers. It is visible that at the same loading depth of the heat exchanger depends on physical properties of a ground (a) and heat-transfer agent temperatures. Thermal diffusivity growth leads to decrease of demanded depth of the heat exchanger. However for depth decrease it is necessary to reduce at charging heat-transfer agent temperature on an entry in the heat exchanger. With growth of thermal diffusivity of a ground agency of temperature of charging decreases. It is connected with speed of rearrangement of temperature pattern in a ground in variable regimes download and heat selection.

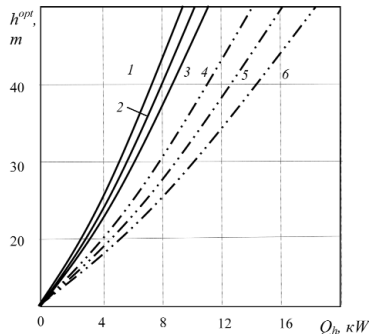


Fig. 1. Dependence of optimum depth of the heat exchanger on a settlement heating load of a user, heat-transfer agent temperatures on an entry in the heat exchanger at download and thermal diffusivity of a ground:
 $a = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, temperature, °C: 1 — 90; 2 — 70; 3 — 50; $a = 9,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, temperature, °C: 4 — 90; 5 — 70; 6 — 50

The increase in latitude of locality reduces necessary depth of the heat exchanger. The analysis of this phenomenon shows that the greatest influence on overall performance of solar system in an annual cycle renders process of a discharge of the accumulator. At charging latitude influence is shown a little. Features of process of a discharge of the accumulator lead to that the residual, after full end of seasonal selection, the quantity of warmth in a ground decreases with latitude growth. These features are caused by a combination of some factors: a relationship of the periods of work and a pause interval of the TP in the conditions of satisfaction of daily thermal loading, speed of rearrangement of temperature pattern in a ground, the temperature of outdoor air influencing the schedule of thermal loading, etc.

Generalisation of the presented data for optimum depth of the heat exchanger is obtained in an aspect, m

$$h^{opt} = 0,444(63,5 - \varphi) - 0,311 \cdot Q_h(51,3 - \varphi) + \frac{72 + 12,02 \cdot Q_h(31,14 - \varphi)}{a \cdot 10^7(41,4 - \varphi)},$$

$$B = 0,73 - 0,005 \cdot t_{in} + \frac{2,61 \cdot Q_h}{127,7 - t_{in}}.$$

Area of diagnostic variables $Q_k = (0,5-25)$ kW; $a = (2,8-9,6)10^{-7}$ m²/s; $t_{in} = (50-90)$ °C; $\varphi = (45-51)$ deg.

Researches on revealing of an optimum step of heat exchangers in a bush have been spent at change of depth of one, latitudes of locality, physical properties of a ground and heat-transfer agent temperature on entry to the heat exchanger at injection heat. The optimum step was chosen proceeding from a condition of achievement of the greatest value of a settlement heating load at different productivity of the TP. The analysis of the gained data showed that naturally resistant to factors of agency are thermal diffusivity of a ground, temperature of heat-transfer agent and depth of a heat exchanger (h). Such three-factorial dependence in generalisation is presented on fig. 2. It is visible that growth of thermal diffusivity of a ground leads to increase in an optimum step. It is connected with dependence of storing up ability of a file of a ground on its physical properties. The increase in an optimum step means improvement of conditions of filling up of a ground by warmth. Growth of temperature of heat-transfer agent on an entry in the heat exchanger at download to return the influence — the step decreases. Thus the influence of depth of a heat exchanger decreases. The generalising settlement relationship is found in an aspect, m

$$S^{opt} = 4,4 - \frac{5,9}{h} + \frac{72,7}{t_{in}} + (5,47 - \ln t_{in})(7,3 \cdot 10^{12}a^2 - 6,03 \cdot 10^6a)$$

Area of diagnostic variables: $h = 10 \dots 100$ m, $a = (2,8 - 9,6)10^{-7}$ m²/s, $t_{in} = (50 - 90)^\circ\text{C}$.

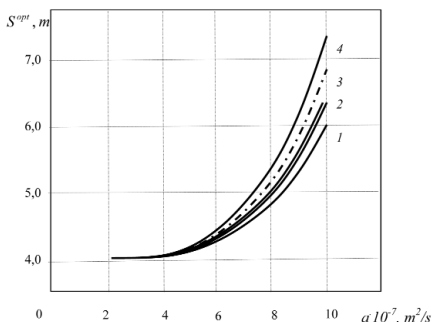


Fig. 2. Dependence of an optimum step of heat exchangers on thermal diffusivity of a ground, depth of a one and heat-transfer agent temperature at charging, h , m/ t_{in} , $^\circ\text{C}$:

1 — 50 /90; 2 — 50/70; 3 — 24/ 50; 4 — 50/50

Conclusions. For the seasonal soil accumulator with nine heat exchangers the basic influence on a step of heat exchangers on conditions of the greatest calculated load of heating is rendered the thermal diffusivity of a ground, temperature of heat-transfer agent and depth of a heat exchanger. With growth of thermal diffusivity the step of heat exchangers under condition of a full independent heat supply of a user on a heating load increases, and for soils, for example, with properties of limestone 6 m attain; in step increase results also growth of temperature of heat-transfer agent in summer download and growth of depth of a heat exchanger

Depth of heat exchangers should be defined taking into account a calculated load of heating, thermal diffusivity of a ground, temperature of heat-transfer agent and locality latitude. With growth of thermal diffusivity of a ground temperature influence becomes considerable, thus its decrease reduces necessary depth of the heat exchanger.

The generalising dependences allowing on a condition of a rational operating mode of solar system of heating in an all-the-year-round regime of charging and heat accumulator discharging to define a step of heat exchangers to a bush and their depth are offered.

Литература

1. Wysochin, V. V., Gromovoy, A. U. Role of the soil heat exchanger in smoothing of non-uniformity of work geliosystem. Odess. Politechn. Univer. Pratsi, 2013. Issue 2(41). — P. 148—152.
2. Nacorchevsky, A. I., Basok, B. I. Optimum design of soil heat exchangers. Industrial the heating engineer, 2005. V. 27, № 6. — P. 27—31.
3. Nacorchevsky, A. I. Rational decisions in warmly generating system «soil array-the thermal pump». Industrial the heating engineer, 2007. V. 29, № 4. — P. 77—82.
4. Wysochin, V. V. Information aspects of introduction of monitoring systems and power consumption planning on boiler-houses CSH. Power: economy, technologies, ecology, 2017. № 3. — P. 107—111.
5. Gurmilova, I. A., Shteam A. S. Influence warmly physical properties of a ground on formation of a geothermal field in system of gathering of low potential energy of a ground. The bulletin of engineering school DVFU, Engineering science, 2017, № 3(32). P. 2—7.
6. Alhasov, A. B., Alichayev A. G. Gelio-geothermal system of a heat supply of the cottage house. News of the Russian Academy of Sciences, 2011, № 6. — P. 122—132.
7. Filatov, S. A. Thermal calculation of vertical soil heat exchangers. Power. News HIGH SCHOOLS, 2013. № 3. — P. 81—90.

Інформація про авторів Височин В. В., канд. тех. наук, доцент.
E-mail: vvwin.od@gmail.com

ЖУКОВА Н. І., канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

ОТРИМАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІД УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ДЕРЕВООБРОБКИ

***Анотація.** Розглянуто питання отримання теплової енергії при спалюванні відходів деревообробних підприємств. Проаналізовано показники пеллетів та доведено доцільність їх використання як енергетичного ресурсу. Пропонується використання відходів деревини для виготовлення сендвіч-панелей з подальшим використанням у будівництві.*

***Ключові слова:** відходи деревообробки, пеллети, SIP-панелі, тепло- та згорання, щільність, теплопровідність, морозостійкість.*

***Abstract.** The question of receipt of thermal energy is considered at incineration of wastes of woodworking enterprises. The indexes of pellets are analyzed and expediency of the use is well-proven as a power resource. Utilization of wastes of wood is offered for making of panels of sandwich with the further use in building*

***Keywords:** wastes of woodworking, pellets, SIP- of panel, warmth of combustion, closeness, heat-conducting, frost-resistance.*

На сьогодні розвиток енергетики потребує заміщення традиційних видів палива альтернативними джерелами енергії з підвищенням ефективності їх використання. Враховуючи те, що відходи деревообробки складають велику частину від загального обсягу використаної підприємствами деревини, можливо розглядати їх як одне з таких джерел [1, 2].

Відходи, які утворилися в технологічному процесі обробки деревини поділяються на технологічно обґрунтовані та необґрунтовані.

Останнім часом створено нові технології переробки відходів деревообробки: виробництво плит (ДСП); виготовлення паливних брикетів; виробництво брусу; виготовлення облицьовувальних плит; виробництво теплоізоляційних матеріалів [3].

Одним з найперспективніших способів використання відходів деревообробки можливо вважати вироблення паливних гранул (пеллет) та виготовлення термоізоляційних панелей (SIP-панелей).

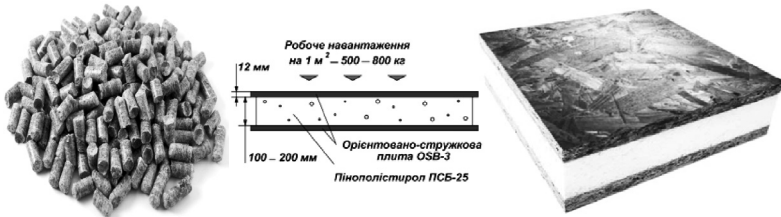


Рис. 1. Паливні гранули (пелети) та термоізоляційні панелі

У країнах Європи у виробництві пеллет задіяно понад 250 підприємств (рис. 2).

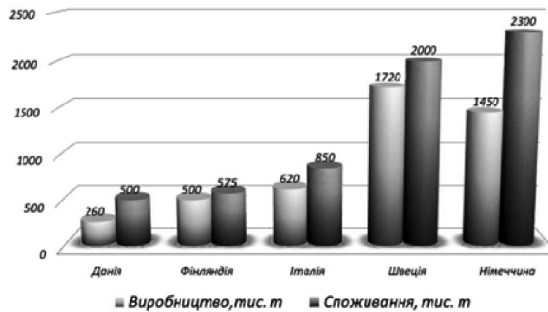


Рис. 2. Провідні країни-виробники і споживачі пеллет у Європі

Виробництво пеллет в Україні також розвивається (рис. 3).

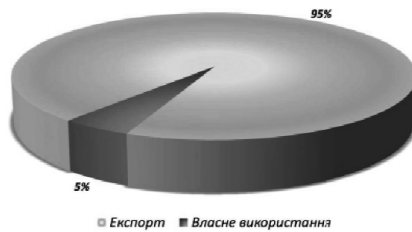


Рис. 3. Виробництво гранул в Україні

Основні показники, що характеризують пелети, наведено в табл. 1.

Основні показники пеллет

Показник	Значення
Теплота згоряння	4,9 (кВт · год)/кг
Щільність	1,2—1,3 т/м ³
Діаметр	4—10 мм
Довжина	20—40 мм
Вміст вологи	7 %
Вміст золи	2 %
Вміст сірки	0,1 %
Вміст пилу	10 %

Теплотворна здатність такого палива є достатньо високою — 4,9 кВт · год/кг, що в 1,5 раза більше, ніж у деревини і близька до теплоти згоряння вугілля. Так, наприклад, внаслідок спалювання 2000 кг паливних гранул виділяється стільки ж теплової енергії, як при спалюванні 957 м³ газу або 1000 л дизельного палива, або 1370 л мазуту.

Подальший розвиток будівництва потребує використання новітніх матеріалів, які відповідають сучасним вимогам щодо енергозбереження, екологічної безпеки та економічної доцільності. Однією з таких технологій є виробництво сендвіч-панелей (SIP-панелей).

Сендвіч-панелі відрізняються значною міцністю, невеликою масою і високою несучою здатністю, швидкістю і зручністю монтажу, високими тепло- і звукоізоляцією, вологозахищеністю та вогнестійкістю. Вони придатні до використання у різних кліматичних зонах. Панелі мають високі теплоізоляційні властивості та розраховані на температурні коливання від —50 до +50°С. Такі само низькі тепловтрати має цегляна стіна товщиною 2—3 метри або з додатковим утепленням (рис. 4).

Для виробництва стінок сендвіч-панелей використовуються плити OSB або стружкові плити. В якості утеплювача використовується пінопласт щільністю 15—35 кг/м³. Основні показники сендвіч-панелей наведено в табл. 2.

Основні показники сендвіч-панелей

Показник	Значення
Міцність	5—10 кг/см ²
Щільність	30—50 кг/м ³
Теплопровідність	0,03—0,09 Вт/(м · К)
Морозостійкість	20—50 циклів
Усадка	0,5—1 % мм/м
Водопоглинання	5—10 %

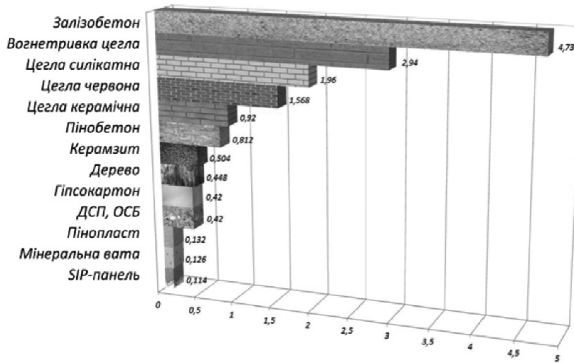


Рис. 4. Порівняльна товщина будівельних матеріалів, м

Як приклад, можливо навести Київський деревообробний завод, де оцінювалась еколого-економічна ефективність розглянутих технологій утилізації відходів деревообробки.

Завод використовує 2200 м³/рік деревини. Частка відходів (тирса, стружка, обрізки, деревне борошно) становить 350 т/рік і використовується в якості палива в котловому агрегаті ДКВР 4/13 для теплопостачання сушильного господарства. Для зменшення антропогенного навантаження на довкілля було запропоновано вищенаведені методи утилізації відходів деревообробки.

Для виготовлення пеллет запропоновано встановлення прес-гранулятора KANL 38—600, а також твердопаливного котла Viadrus Hercules ECO/10 SD для їх спалювання з метою теплозабезпечення сушильного господарства. Розмір чистого економічного ефекту близько 100 000 грн. Термін окупності технології виготовлення деревних пеллет становить 2 роки 9 місяців.

Для виготовлення SIP-панелей було запропоновано встановлення формувальної лінії для OSB панелей «Crown Former» з пресом «Conti Roll» та лінії «МКМ-2» для пресування SIP-панелей. Розмір чистого економічного ефекту 4 млн 200 тис. грн. Термін окупності технології виготовлення SIP-панелей 1 рік 8 місяців.

Капітальні витрати на встановлення технологічного обладнання становлять 1,15 млн. грн.

Висновки. Впровадження утилізації деревних відходів дозволить отримати додаткову теплову енергію, зменшити антропогенне навантаження на довкілля та покращити економічні показники підприємств. Отримані результати свідчать про високу ефективність, а отже — доцільність реалізації вищенаведених технологій.

Література

1. Войцицький А. П., Муляр О. Д., Кравець Л. Г., Нездвецька І. В. Інженерна екологія. Житомир: Житомирський національний агро-екологічний університет, 2014. — 488 с.
2. Лотош В.Е. Переработка отходов природопользования. — Екатеринбург: Полиграфист, 2007. — 503 с.
3. Сафонов А. О. Тенденции развития производства композиционных материалов из отходов древесины. Научный журнал КубГАУ. 2012. № 75 (01). — С. 12—18.

Інформація про авторів: Жукова Н. І., канд. техн. наук, доцент.

Email: NataliaZ127@ukr.net

Tel. 095-01-33-974; 067-6962-433

КАШТАНОВ С. Ф., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

ОЛІЙНИК А. П., керівник техн. відділу

«Ітон Електрик», м. Київ, Україна

ДЕМЧУК Г. В., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ РЕЛЕ БЕЗПЕКИ СЕРІЇ ESR5 ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМ ОБЛАДНАННЯМ

***Анотація.** Проаналізовані функціональні можливості новітніх реле безпеки серії ESR5, розроблених за інноваційними технологіями електротехнічною Групою «EATON» та визначені основні особливості їх застосування в пов'язаних з безпекою системах управління промисловим обладнанням і надані відповідні практичні рекомендації.*

***Ключові слова:** безпека, ризики, системи управління, промислове обладнання.*

***Abstract.** The functional capabilities of the innovative safety relays of the ESR5 series of the electro technical group «EATON» are analyzed and the main features of their application in industrial equipment security management systems are determined and relevant practical recommendations are given.*

***Keywords:** safety, risks, control systems, industrial equipment.*

Міжнародна корпорація «EATON», до складу якої увійшли компанії «MOELLER» та «COOPER», розробила за інноваційними технологіями новітні реле безпеки серії ESR5, що дають можливість ефективно та якісно вирішувати будь-які задачі з безпеки експлуатації промислового обладнання. Ці реле безпеки відповідають всім існуючим вимогам Директив і Технічних регламентів та стандартів Європейського Союзу і України з безпеки експлуатації виробничого обладнання [1–6], в тому числі і вимогам EN 954-1 (ДСТУ EN 954-1EN), ISO 13849-1/-2 (ДСТУ EN ISO 13849-1) та IEC 62061.

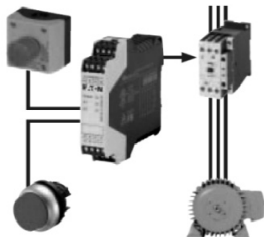
Основною метою цієї роботи є ознайомлення спеціалістів, які проєктують системи управління безпекою виробничого обладнання, з новими інноваційними технологіями та досягненнями корпорації «EATON» в цій сфері, а саме з особливостями функціонування та застосування реле безпеки останньої серії ESR5.

Основні функції безпеки, які можуть бути реалізовані за допомогою захисних реле серії ESR5, це:



- аварійне відключення обладнання;
- контроль рухомих (з'ємних) захисних огорожень (без блокування або з блокуванням);
- контроль відкритих зон небезпеки;
- контроль світлових бар'єрів;
- контроль двопозиційного (дворучного) управління (типу I, II або III);
- запобігання непередбаченого запуску обладнання (повторних перезапусків).

У разі аварійного відключення та контролю рухомих захисних огорож, внутрішня логіка захисних реле контролює ланцюг забезпечення безпеки (аварійна зупинка, захисне блокування) і запускає алгоритм розблокування лише тільки після усунення існуючих несправностей. При цьому ланцюг управління розблокуванням відключається як у випадку приведення в дію захисних пристроїв, так і у разі наявності несправності обладнання. Також слід зазначити, що несправності, які можуть мати місце в ланцюгах управління обладнанням, включаючи коротке замикання на землю, коротке замикання між проводами або обриви в ланцюгах управління, можуть бути надійно і швидко виявлені. Крім того, і це дуже важливо, приведення в дію алгоритму розблокування, в разі несправності обладнання, повністю виключено.



Також в окремих типах захисних реле серії ESR5 передбачено можливість застосування відповідної затримки їх спрацювання, наприклад, для ESR5-VE3-42 діапазон регулювання затримки складає від 0,3 с. до 3 с., для ESR5-NV-30 це вже діапазон від 0,1 с. до 30 с., а для ESR5-NV-300 можливий ді-

апазон регулювання затримки спрацювання захисного реле складає ще більше, а саме від 0,2 с. до 300 с., що безумовно, дає можливість максимально підвищити рівень безпеки промислового обладнання.

При використанні захисних реле серії ESR5 у системах управління безпекою обладнання, позиція рухомих (з'ємних) захисних огорожень визначається завдяки використанню позиційних перемикачів і безконтактних датчиків, стан яких постійно контролюється і оцінюється логічними елементами захисних реле, що і надає можливість забезпечити необхідний ступінь зниження ризику.

У разі використання світлових бар'єрів, всі випадкові або несанкціоновані проникнення в небезпечні зони також миттєво і надійно визначаються і оцінюються логічними елементами захисними реле серії ESR5.

Для контролю двопозиційного (дворучного) управління розроблено спеціалізоване захисне реле ESR5-NZ-21-24VAC-DC, а також двопозиційний (дворучний) пульт керування «Two-hand control panel», використання яких забезпечує:

- двопозиційне (дворучне) управління з контролем одночасності (синхронізму) $<0,5$ с, що згідно з EN 574 відповідає типу ПІС, і також дає можливість отримання максимальної 4-ї категорії безпеки;
- контроль керуючих та захисних пристроїв у відповідності до вимог EN 1088 з контролем одночасності (синхронізму) $<0,5$ с., і також дає можливість отримання максимальної 4-ї категорії безпеки.

Необхідно також зазначити, що контроль імпульсної послідовності може здійснюватися в ESR5-NZ-21-24VAC-DC як у разі живлення від джерела змінного, так і постійного струму.

Що стосується запобігання непередбачуваних запусків обладнання або його повторного перезапуску, то реле безпеки серії ESR5 практично повністю виключають таку можливість, в тому числі і можливість автоматичного перезапуску обладнання при відновленні напруги, оскільки це може привести до виникнення дуже небезпечних ситуацій. Також завдяки алгоритму роботи логіки захисних реле ESR5, у разі відновлення напруги в електромережі, обладнання може бути запущено лише за допомогою примусової команди «Пуск».

Реле безпеки серії ESR5 залежно від їх типу, забезпечують різні категорії безпеки, а також мають різні структури щодо мож-

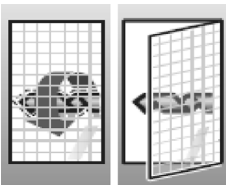
ливості забезпечення контролю за безпекою систем управління із заданими характеристиками (EN 954-1 та EN ISO 13849-1). У таблиці 1 наведено перелік основних типів захисних реле серії ESR5 та їх основних показників щодо категорії безпеки Cat (EN 954-1, ДСТУ EN 954-1), структури та рівнів експлуатаційної безпеки PL (EN ISO 13849, ДСТУ EN ISO 13849-1) і повноти безпеки SIL (IEC 62061).



Таблиця 1

Основні показники безпеки захисних реле серії ESR5

Тип захисного реле серії ESR5	Категорія безпеки Cat	Структура	Рівень експлуатаційної безпеки	Рівень повноти безпеки
ESR5-NO-21-24VAC-DC	4	Двоканальна, самоконтроль	PLe	SIL 3
ESR5-NO-31-24VAC-DC	4	Двоканальна, самоконтроль	PLe	SIL 3
ESR5-NO-31-230VAC	4	Двоканальна, самоконтроль	PLe	SIL 3
ESR5-NO-31-AC-DC	4	Двоканальна, самоконтроль	PLe	SIL 3
ESR5-NV-30	4	Двоканальна, самоконтроль	PLe	SIL 3
ESR5-NV-300	4	Двоканальна, самоконтроль	PLe	SIL 3
ESR5-NO-41-24VAC-DC	2	Одноканальна, контрольована	PLd	SIL 3
ESR5-NO-51-24VAC-DC	4	Двоканальна, самоконтроль	PLe	SIL 3
ESR5-NZ-21_24VAC-DC	4	Двоканальна, самоконтроль	PLe	SIL 3
ESR5-VE3-42	2	Одноканальна, контрольована	PLd	SIL 3



Приклад реалізації схеми моніторингу рухомого захисного огороження із захисним реле ESR5-NO-41-24VAC-DC з одноканальною структурою приведений на рис. 1.

Згідно з проведеними розрахунками, у разі застосування захисних реле серії ESR5 [7], це технічне рішення, як і інші, що пропонуються спеціалістами електротехнічної Групи «EATON», дозволяє гарантовано забезпечити необхідні стандарти безпеки виробничого обладнання і виконання всіх вимог EN ISO 13849 та IEC 62061 за такими показниками (див. таблицю 2).

Таблиця 2

Показники безпеки схеми моніторингу рухомого захисного огородження із реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC

Показники безпеки	EN ISO 13849	Показники безпеки	IEC 62061
Структура	Структура Cat. 1	Структура	Структура SS A
MTTF _d	100 years	PFHd	5.24×10^{-8}
B10 _d	B1: 20000000, Q1–Q3: 1300000	B10	B1: 4000000, Q1–Q3: 975000
n _{оп}	B1, Q1: 12960, Q2–Q3: 6500	λ_d/λ	B1: 0.2, Q1–Q3: 0.75
DC _{avg}	90.79 %	β	0.05
PL	C	DC	B1: 0 %, K1: 90 %, Q1–Q3: 99 %
T10 _d	K1: 10 years, all others: > 20 years	SIL	1

Висновки. Наведені дані свідчать про те, що застосування захисних реле останньої серії ESR5, при виконанні всіх рекомендацій спеціалістів електротехнічної Групи «EATON» дозволяє гарантовано забезпечити у відповідності до існуючих вимог EN 954-1 (ДСТУ EN 954-1), EN ISO 13849 (ДСТУ EN ISO 13849) та IEC 62061, високій рівень безпеки виробничого обладнання та надійну роботу систем управління при його експлуатації.

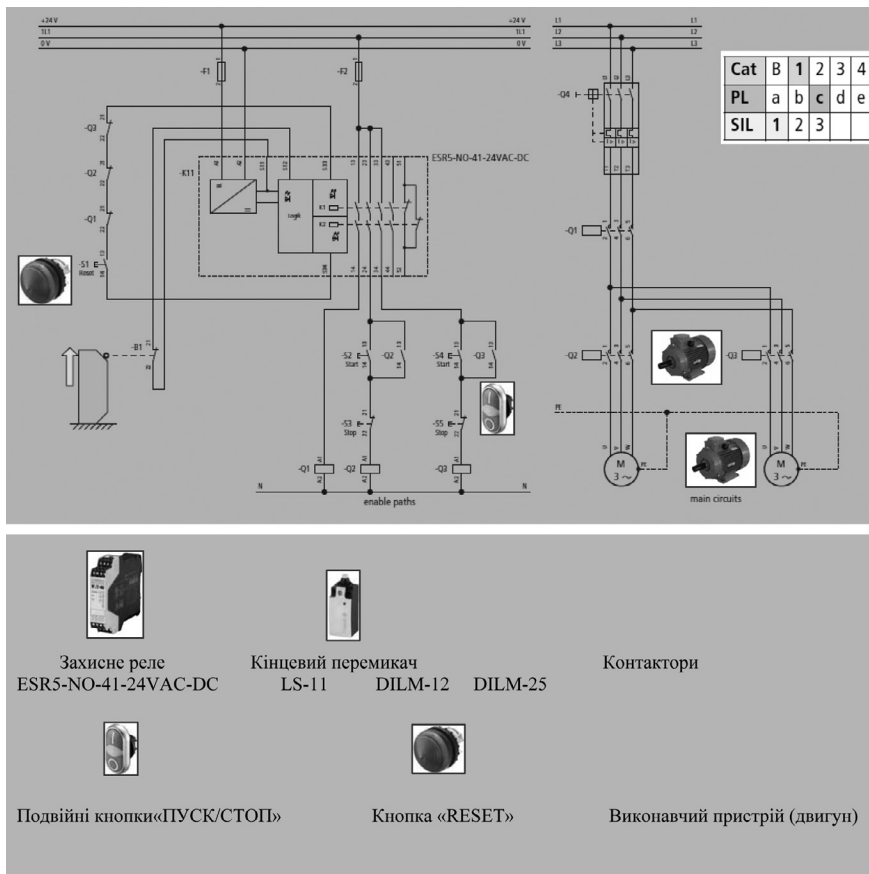


Рис. 1. Моніторинг рухомого захисного огороження із застосуванням реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC

Література

1. Machinery Directive: Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006. / Official Journal of the European Union — 09.06.2006. L157. — Pp. 24—86.
2. On approval of Technical regulation safety of machines / Cabinet of Ministers of Ukraine of January 30, 2013 № 62 (as amended according to CM number 632 (632-2013-P) on 08.28.2013).
3. EN ISO 12100-1/2. Safety of machinery General principles for design and risk evaluation. Basic concepts.

4. ДСТУ EN 954-1:2003. Безпечність машин. Елементи безпечності систем керування. Частина 1. Загальні принципи проектування.

5. ДСТУ EN ISO 13849-1:2016. Безпечність машин. Деталі систем управління, пов'язані з забезпеченням безпеки. Частина 1. Загальні принципи проектування.

6. IEC 62061. Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems.

7. Safety Manual. Safety technology for machines and systems in accordance with the international standards EN ISO 13849-1 and IEC 62061.

Інформація про авторів:

<http://moeller.kiev.ua/rukovodstvo-po-bezopasnosti>

КИРИК В. В., доктор техн. наук, професор.

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ

ШИРЯЄВА Д. П., бакалавр

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ КОМУТАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ З РІДИННО-МЕТАЛЕВИМИ КОНТАКТАМИ

***Анотація.** Розглянуто технологічні рішення, спрямовані на створення сильнострумових вибухобезпечних електричних апаратів, здатних працювати в умовах агресивного впливу зовнішнього середовища. Виконано аналіз роботи електричних апаратів на основі розплавлених металів.*

***Ключові слова:** рідинно-металеві контакти (РМК), комутаційний апарат, дугогасіння, класифікація.*

***Abstract.** The technological solutions aimed at creation of high-voltage explosion-proof electrical apparatus capable of operating in conditions of aggressive influence of the external environment are considered. An analysis of the work of electric apparatuses based on molten metals has been performed.*

***Keywords:** Liquid metal contacts (LMC), commutation device, arc-field, classifying.*

Вступ. Успішне функціонування електроустаткування в значній мірі залежить від чіткої роботи численних електричних контактів, що відіграють дуже важливу роль у сучасних електротехнічних та електротехнологічних установках.

За останні роки основи теорії контактної комутації збагачені теоретичними і експериментальними дослідженнями [4]. Більшість досліджень і практичних розробок спрямовані на вирішення конкретних проблем, наприклад, створення вибухобезпечної та працюючої при будь-якій орієнтації комутаційної апаратури, одержання мінімального перехідного контактного опору, мінімального електричного зношування, найбільшої допустимої щільності струму, найменшої зварюваності тощо. При цьому все більша увага приділяється такому рішенню проблеми, у якому економічний фактор є одним з вирішальних.

У галузі досліджень традиційних твердометалевих контактів тривають інтенсивні пошуки нового більш дешевого контактного матеріалу, здатного замінити або навіть перевершити по своїх властивостях відому композицію AgCdo. При цьому перевага віддається матеріалам, отриманим методом внутрішнього окиснення з волокнистою структурою [4].

Прагнення до одержання максимальної щільності струму в контактному переході, мінімальних габаритів, можливості експлуатації в екстремальних умовах і ряд інших міркувань і факторів обумовили бурхливий розвиток і становлення рідинно-металевої контактної техніки [6, 7, 9, 14].

Мета роботи — аналіз властивостей рідинно-металевих контактів та їх класифікація.

РМК мають цілий ряд позитивних властивостей:

1. Низький і стабільний перехідний опір.

Перехідний опір РМК складається з опору поверхневої плівки між твердим електродом і рідким металом, а також опору рідкого металу або, що утворюються інтерметалевих сплавів і з'єднань. Перехідний опір не залежить від полярності напруги джерела і величини струму, а визначається фізико-хімічними властивостями твердо-металевого електрода і рідкого металу, їх температурою, навколишнім середовищем та конструкцією контактного переходу. З погляду стабільності опору вибирається така контактна пара металів, щоб рідкий метал змочував твердий. При цьому повітря не може проникнути в зону контакту та у силу цього окисна плівка не може утворюватися на твердій поверхні. В деяких випадках для забезпечення фітінгу по всій поверхні контактування рідкого металу твердо-металева поверхня хімічно активується кислотою з наступним контактним міднюванням, що виключає утворення окисних плівок. Тонкий шар мідного покриття у використовуваних рідких металах легко розчиняється, забезпечуючи низький перехідний опір. Низький перехідний опір дозволяє досягти в РМК щільності струмів, що перевищують десятки і сотні ампер на квадратний міліметр.

2. Відсутність необхідності в контактному натисканні.

Вихідними показниками для конструювання приводів РМК і визначення їх потужності є швидкодія, об'єм і вага рідкого металу. Для приводів рідинно-металевих контактних пристроїв характерні простота, низькі ваго-габаритні показники та мала потужність. В РМК відкривається можливість створення приводів з використанням для комутації енергії ланцюга, що розмикається (пінч-ефект).

3. Відсутність механічної вібрації, зварювання та злипання контактів.

Ця характеристика РМК визначається властивістю текучості рідкого металу і є очевидною.

4. Можливість роботи при високих зовнішніх тисках, високих температурах і в глибокому вакуумі.

Високий зовнішній тиск, як і глибокий вакуум можна використовувати в деяких конструкціях РМК для поліпшення їх технічних характеристик за рахунок покращення умов дугогасіння або стабільності перехідного опору. Температурні режими РМК визначаються властивостями використовуваних металів. Необхідне перевищення температури рідкого металу над температурою його плавлення визначається властивостями металу й конструкцією пристрою. В РМК відкривається можливість створення додаткового конвективного теплообміну.

5. Можливість мініятуризації контактних пристроїв.

Ця характеристика РМК забезпечується насамперед більшою щільністю струму і малими габаритами приводних механізмів.

Рідинно-металеві контакти мають і свої недоліки, які в ряді випадків є перешкодою для широкого застосування РМК. До них слід віднести наступне:

1) Необхідність ретельної герметизації контактного вузла.

Герметизація РМК у ряді випадків викликана агресивністю застосовуваних рідких металів, необхідністю виключення впливу на контакт зовнішнього середовища, а також вимогами надійності комутації. Цей недолік властивий і твердоконтактним парам, тобто його необхідно розглядати як загальну вимогу до електричних контактів.

2) Відносно висока температура плавлення існуючих рідких металів і сплавів.

Оскільки нижня межа експлуатаційної температури сучасних електричних апаратів повинна бути на рівні -60°C , то найбільш істотним засобом боротьби із цим недоліком є примусовий підігрів контактного вузла до температури, при якій об'єм металу — струмоносія переходить із твердої в рідку фазу. На теперішній час існують розробки легкоплавких евтектик на основі лужних металів Na, Ca, Ga, Cs з температурою плавлення до -78°C , що дозволяє сподіватися на появу найближчим часом низькотемпературних легкоплавких сплавів.

3) Залежність функціонування РМК від положення в просторі.

Рідкий метал у силу своєї властивості текучості може приводити до порушення функціонування контактної вузла. Оскільки цей вплив можна виключити розробкою відповідних конструкцій РМК, то згаданий недолік не слід вважати істотним.

4) Відносно висока вартість рідких металів.

Вартість рідких металів є одним з визначальних факторів для контакту. Визначаючи її, необхідно провести повний техніко-економічний розрахунок.

На шляху подальшого розвитку рідинно-металевих контактів існує ряд проблем як теоретичного, так і конструкторсько-технологічного плану, рішення яких дозволить більш широко використовувати рідинно-металеве робоче тіло в комутаційних пристроях.

На сьогодні розробники електротехнічних апаратів відновлюють свою увагу до пристроїв з рідинно-металевим робочим тілом, що обумовило появу різних видів РМК:

1. Струмоз'ємні РМК;
2. Рідинно-металеві роз'єднувачі, що здійснюють безструмову комутацію електричного ланцюга;
3. Слабкострумові РМК (релейного діапазону струмів);
4. РМК на струми до декількох десятків тисяч ампер.
5. Автоматичні запобіжники (самовідновлювані).

В розвитку РМК можна виділити два основні напрямки:

1) Розвиток РМК із рухливим рідким металом, що використовують властивість текучості рідкого металу.

2) Розвиток РМК із просоченим рідким металом твердими або еластичними контактами (композиційні РМК), що використовують властивість, поверхневого натягу. Такі контакти працюють за рахунок впливу електромагнітного поля на феромагнітний плунжер, завдяки дії капілярних сил. В якості рідкого металу використовуються легкоплавкі сплави галію, індію, олова, а також ртуть, лужні метали, цезій [11, 13]. Ці елементи замінили срібло, але все ще мають високу вартість.

Для підбору електропровідного сплаву виконують розрахунок питомої провідності матеріалу. Цей розрахунок базується на кубічній моделі металеві матриці. Також проводять дослідження з огляду на хімічні процеси в складі сплаву, піддаючи його різним температурам, які можуть мати місце, коли буде протікати струм [2]. Контакти між провідниками, сформованими при відносно низькому тиску, можна розглядати як квазіпланарні. Плавлення матеріалу таких контактів при проходженні електричного струму використовується в деяких технологічних процесах [15].

Оскільки контакти, виконані твердим металом, мають шорсткість, то провідність електричного струму буде нижче. Для виключення цього недоліку використовують рідкий метал. Контакти, виготовлені з РМК, мають малий перехідний опір, який практично не залежить від контактного натискання, вони не схильні до залипання, усувається вібрація при замиканні контактів тощо [8]. Істотний прогрес в області ковзаючих електричних контактів може бути досягнутий при використанні композиційних рідинно-металевих матеріалів з твердометалевим пористим каркасом, просоченим рідким металом або сплавом. Структура цих контактів повинна забезпечувати збереження і постійне підживлення тонкого шару рідкого металу на контактних поверхнях в зоні тертя, що є необхідною умовою функціонування РМК при ковзанні. В цей час розроблено широкий клас композиційних РМК з жорсткими і еластичними каркасами, які мають переваги рідинно-металевих і твердометалевих контактів. Орієнтовані вони в основному на застосування в вакуумних вимикачах і перемикачах [5].

Ще однією перевагою РМК є те, що при використанні рідко-металевих контактів значно зменшуються габарити механізмів [10]. В даний час використовуються рішення збільшення площі контактування без збільшення контактного натискання. Завдяки застосуванню РМК забезпечується велика площа контактування.

Для створення комутаційних апаратів, що працюють в режимі періодичного замикання і розмикання ланцюга, необхідно організувати зонний РМК, тобто апарати, що працюють в режимі повторно-короткочасного навантаження і обмежені в часі і просторі [3].

Комутація великих струмів викликає ерозійні пошкодження дугогасних контактів. Розрахунок оптимальних параметрів струмового частотного комутатора є досить складним завданням з огляду на нелінійний характер зав'язків, що існують між цими параметрами. В якості головного критерію оптимізації вибирають витрати рідкого металу при комутації. Для оцінки витрат рідкого металу розглядають один цикл роботи струмового частотного комутатора. При застосуванні в якості проміжного робочого тіла евтектики Ga-In-Sn можна отримати значно більшу щільність струму в межах термічної і електродинамічної стійкості в порівнянні з ртуттю та Na-K.

Комутаційні апарати з РМК використовують для комутації потужних генераторів, конденсаторних батарей, шунтуючих реакторів і електродвигунів нафтопромислових свердловин, як в ре-

жимі перемикачів, так і в аварійних режимах [1]. Використання рідкого металу в міжконтактному просторі вимикача при комутаціях і під навантаженням може вирішити ряд проблем: зниження перенапруг при комутаціях, зменшення швидкості наростання струму, швидкості зміни струму при відключенні, зниження втрат електроенергії при протіканні струму навантаження. За рахунок рідкого металу збільшується площа дотику контактів вимикача, що знижує електричний опір контактного переходу і призводить до зниження втрат електроенергії. При відключенні вимикача розмикання контактів відбувається при наявності рідинно-металевої плівки на контактних поверхнях. При цьому утворюються паралельні дуги, що викликає обмеження, і призводить до знеструмлення. Це призводить до зменшення зрізу струму вимикача, зниження рівня перенапруг і ерозії самих контактів.

Для уникнення недоліків РМК, а саме нестабільність властивостей і токсичність металів, розроблено нову контактну пару, яка поєднує властивості твердих і РМК за рахунок зміни агрегатного стану в точках контактування [11]. Така композиція електричних контактів має низький перехідний опір.

Сучасні контактні композиції РМК, для автоматичних вимикачів на великі струми, складаються з пористих або сітчастих матеріалів, просочених або змочених рідким металом [12]. Принцип дії таких контактів базується на рідинно-металевому ефекті, який полягає в розташуванні твердих електродів в середовищі рідкого легкоплавкого металу і у взаємодії необхідних елементів, що беруть участь в роботі контактної системи.

Властивість текучості рідкого металу визначила поява контактів з різними принципами роботи, серед яких можна виділити наступні типи: інерційні, пережимні, ріжучі, витісняючі, поршневі, ферорідинні, магнітогідродинамічні індукційні, магнітогідродинамічні кондукційні, електростатичні, заглиблюючі, рівневі, струменеві, ковзаючі.

Висновок.

Більшість досліджень і практичних розробок в теорії контактної комутації спрямовані на вирішення конкретних проблем, наприклад, створення вибухобезпечної, працюючої при будь-якій орієнтації в просторі комутаційної апаратури, одержання мінімального перехідного контактного опору, мінімального електричного зношування, найбільшої припустимої щільності струму, найменшої зварюваності тощо. При цьому все більша увага приділя-

ється такому рішенню проблеми, у якому економічний фактор є одним з вирішальних.

Різноманіття представлених конструкцій рідинно-металевих контактів говорить про те, що на сьогодні поки не існує єдиної концепції розвитку цих контактів. Розробка їх відбувається, виходячи з конкретних вимог того або іншого завдання, тих або інших умов функціонування. Однак при цьому все більша увага приділяється такому вирішенню проблем, у якому економічний фактор є одним з вирішальних. Прагнення розробників до більш ефективного використання рідких металів і конструктивних матеріалів визначається бажанням більш швидкого впровадження контактів у практику.

Література

1. Андреев А. Ю., Казанцев А. А. Контактная система вакуумного выключателя с жидкометаллическим рабочим телом. Туапсе, 2016. — С. 308.

2. Архипов П. А., Холкина А. С., Зайков Ю. П. Анодные процессы на жидкометаллическом электроде из сплавов свинца. Екатеринбург, 2015. — С. 386.

3. Воронин А. А., Кулаков П. А., Приходченко В. И. Оптимизация параметров струйного частотного коммутатора. Киев: Ин-т пробл. материаловедения НАН Украины, 2010. — С. 28.

4. Дегтярь В. Г., Нестеров Г. Г. Контактные коммутационные устройства электрических аппаратов низкого напряжения // Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР. 1980. Т. 2. — 100 с.

5. Демкин Н.Б. Механика и физика фрикционного контакта. — Тверь: Тверской государственный технический университет, 2000. — С. 60.

6. Жидкометаллический регулятор мощности источника постоянного тока / В. Ф. Буденный, Н. И. Глазков, В. В. Кирик, А. Ф. Колесниченко, В. В. Малахов, С. Р. Троицкий / Киев, 1986. 33 с. (Препр./ АН УССР. Ин-т электродинамики АН УССР; № 437).

7. Зарецкас В. С., Рагульскене В. Л. Ртутные коммутирующие элементы для устройств автоматики. Москва: Энергия, 1971. — 210 с.

8. Измайлов В. В., Новоселова М. В. Исследование электропроводности жидкометаллического композиционного порошкового материала. Тверь, Тверской государственный технический университет, 2010. — С. 97.

9. Кулаков П. А. Некоторые задачи создания сильноточных коммутационных аппаратов с жидким металлом // Вибротехника. 1975. №3 (24). — С. 115.

10. Павленко Т. П. Анализ параметров многоамперных автоматических выключателей и перспективных конструкций их главных контактов). Харьков: Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 2016. — С. 66.

11. Павленко Т. П. Контактные композиции для многоамперных автоматических выключателей. Харьков: Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 2013. — С. 59.

12. Павленко Т. П. Методология расчета параметров контактов с жидкометаллическим эффектом, для многоамперных автоматических выключателей. Харьков: Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 2016. — С. 20.

13. Павленко Т. П. Определение параметров состава композиции псевдо жидкометаллических контактов по математической модели. Харьков: Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 2013. — С. 14.

14. Сильноточные жидкометаллические коммутационные аппараты / В. В. Кирик, А. Ф. Колесниченко, В. В. Малахов. Киев, 1989. 42 с. (Препр. /АН УССР. Ин-т электродинамики; № 626).

15. S. D. Samuilov. On the Behavior and Stability of a Liquid Metal in Quasi-planar Electric Contacts. Technical Physics is a copyright of Springer, 2016. — С. 815.

Інформація про авторів: Кирик В. В., доктор техн. наук, проф.
//es.fea.kpi.ua, vkyryk@ukr.net;

Ширяєва Д. П. shiryeva.daniela@gmail.com

КОСТЕНКО Т. В., канд. техн. наук, доцент

ЗЕМЛЯНСЬКИЙ О. М., канд. техн. наук, доцент

КОСТИРКА О. В., канд. техн. наук

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, м. Черкаси

АВТОМАТИЧНИЙ ТЕПЛОЗАХИСНИЙ ПРИСТРІЙ РЯТУВАЛЬНИКА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ПОЧАТКОВИХ ЕТАПАХ ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЙ

***Анотація.** Запропоновано автономний засіб індивідуального проти-теплого захисту рятувальників на початковій стадії ліквідації аварії. Виготовлено і випробувано в лабораторних умовах макетний зразок пристрою. Результати випробувань продемонстрували ефективність охолодження організму рятувальника шляхом періодичного зрошення поверхні бойового одягу. Короткочасне охолодження дозволить рятувальнику безпечно покинути зону теплового ураження.*

***Ключові слова:** рятувальник, теплове ураження, автоматичний пристрій, бойовий одяг, індивідуальний захист.*

***Abstract.** Proposed Independent Means Individual heat protection rescuers in the initial stage of a emergency. The test results demonstrated the effectiveness of the rescuer's body cooling by periodic irrigation of the surface of protective clothing. Short-term cooling will allow the rescuer to safely leave the zone of thermal damage.*

***Keywords:** rescuer, heat damage, automatic device, fighting clothing, individual protection.*

Процес ліквідації пожеж рятувальниками умовно можна поділити на два етапи. На початковому етапі аварійно-рятувальної операції проводять розвідку об'єкта, рятування й евакуацію постраждалих людей, а також виконують невідкладні дії щодо локалізації надзвичайної ситуації. В цей період не розгорнуті системи водопостачання та відсутні інші джерела холодоагентів, рятувальники використовують захисний одяг загального призначення. Для цього періоду ведення робіт характерний дефіцит інформації про зони ураження, теплові поля, зони задимлення й загазованості токсич-

ними та отруйними речовинами. Водночас на цьому етапі зазвичай не розгорнуті засоби водяного, порошкового й пінного гасіння пожежі, а також не застосовують газодимозахисну апаратуру. Додатковою проблемою є дефіцит часу для реагування рятувальника на неочікувану зміну обстановки. Відомо, що організмові потрібно 15–20 с, щоб відповісти на раптову зміну ситуації. На пожежах з можливим стрімким підвищення температури теплових потоків (до 1000 град/с і більше) необхідно застосувати додаткові засоби захисту, які працюють незалежно від реакції людини. Тому, з метою попередження травматизму, важливо використати швидкодіючі автоматичні засоби індивідуального захисту від теплового ураження.

Актуальним в таких умовах може бути автоматичний автономний теплозахисний пристрій [1], конструктивна схема якого включає гідравлічну й автоматичну частини та має наступний вигляд (рис. 1). Гідравлічна частина містить резервуар, наповнений холодоагентом, що перебуває під тиском. До нього приєднані трубопроводи для подавання холодоагенту від резервуара до закріпленого на касці рятувальника розпилювача. Крім того, гідравлічна частина включає заслінку електромагнітного клапана, розташовану на горловині резервуара. У початковому стані заслінка перекриває трубопровід. Автоматична частина пристрою складається з розміщеного в підкостюмному просторі блока управління з автономним елементом живлення, з'єднаного проводами з датчиком температури та привідною частиною електромагнітного клапана.

У резервуарі пристрою завчасно створено тиск повітря, що є джерелом виштовхування холодоагенту до трубопроводу. Установлений на горловині резервуара електромагнітний клапан у початковому стані утримує трубопровід перекритим. Бажано забезпечити можливість екстреного від'єднання резервуара з клапаном у разі вичерпання холодоагенту для полегшення завантаження рятувальника. Блок управління розміщують у внутрішній кишені одягу, дроти від блока підключають до датчика температури та привідної частини електромагнітного клапана. Температурний датчик, налаштований на максимально допустиму для людського організму температуру (50°C), закріплюють на грудях рятувальника в ділянці серця між тілом і внутрішнім шаром білизни. На касці закріплюють розпилювач-форсунку, яка гнучким трубопроводом з'єднана з клапаном. Може бути одна форсунка або декілька. Факел розпилення струменів спрямований на передню частину захисного одягу рятувальника для рівномірного її зрошення.

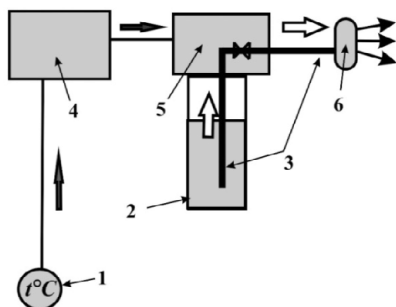


Рис. 1. Конструктивна схема

автоматичного автономного теплозахисного пристрою:

1 — датчик температури; 2 — резервуар; 3 — трубопроводи; 4 — блок управління; 5 — електромагнітний клапан; 6 — розпилювач; темні стрілки — напрям подання електричних сигналів, світлі — холодоагенту

Під час виконання оперативних дій рятувальник потрапляє в зону екстремального теплового ураження, причому відбувається інтенсивне нагрівання поверхні бойового одягу та (унаслідок її теплопроникності) і тіла до температури 50°C. Людина не здатна своєчасно й чітко оцінювати рівень температури в підкостюнному просторі, це створює загрозу теплового ураження у вигляді перегріву організму або теплового удару, втрати свідомості тощо. Наявність датчика температури дає змогу підвищити точність оцінювання ступеня нагрівання тіла й зробити автоматичним процес приведення в дію охолоджувального пристрою. Після досягнення критичного рівня температури (50°C) датчик видає електричний сигнал, який потрапляє до блока управління, де надходить команда клапанові відкрити заслінку в трубопроводі. Через відкритий трубопровід холодоагент із резервуара під впливом надлишкового тиску повітря потрапляє до розпилювача. Тривалість подавання холодоагенту регульована установками на блоці управління й передбачає 3—8 с, після закінчення встановленого часу й розпилення порції холодоагенту блок управління подає команду закрити клапан. Зрошення поверхні захисного одягу призводить до зниження температури тіла рятувальника за рахунок охолодження поверхні одягу холодоагентом, а також поглинання енергії під час випаровування холодоагенту. Короточасне охолодження дає рятувальникові змогу безпечно покинути зону теплового ураження. За умови продовження проведення невідкладних дій в зоні теплового ураження автоматичний автономний теплоза-

хисний пристрій забезпечує періодичне охолодження в імпульсному режимі до вичерпання ресурсу холодоагенту. Імпульсне подавання холодоагенту, яке починається за досягнення критичної температури в підкстюмному просторі й припиняється після охолодження до безпечного рівня, дає змогу економно його витрачати, що збільшує термін захисної дії пристрою. Охолодження поверхні захисного одягу дозволяє зменшити термодеструкцію матеріалу і збільшити термін його експлуатації.

Для підтвердження доцільності створення автоматичного автономного теплотахисного пристрою було виготовлено й випробувано його модель. Як датчик температури використано термістор NTC 10k 1 % 3950 вологозахисений, що може вимірювати температуру в діапазоні від -20 до $+105^{\circ}\text{C}$. Датчик був з'єднаний із блоком управління, створеним на базі мікропроцесора AT MEGA 32 (виробник — корпорація AtmelCo, Гонконг) [2].

В якості холодоагенту були три літри води кімнатної температури (близько 21°C), залитої в металевий резервуар об'ємом п'ять літрів. У резервуар закачали повітря під тиском $0,02$ МПа. На горловині резервуара був установлений електромагнітний клапан, здатний витримати максимальний тиск у системі $0,17$ МПа.

Як аналог людського тіла використано пластикову циліндричну ємність об'ємом шість літрів, заповнену водою, нагрітою до 37°C . Датчик температури, заздалегідь налаштований на спрацювання при нагріванні до 50°C , був розміщений на поверхні ємності та накритий тканиною. Нагрівали модельну ємність за допомогою інфрачервоного обігрівача типу UFO Ecoline / 30 (Туреччина), потужністю $2900\text{--}3200$ Вт, розташованого на відстані близько одного метра від моделі. Контролювали температуру в ділянці розміщення датчика за допомогою термометра типу Mastech MS 6531a (Китай). Вимірювали температуру з інтервалом п'ять секунд, а також за умови спрацювання клапана, початку роботи або припинення розпилення води крізь форсунку на ємність. Подавання води крізь форсунку становило $0,1$ л c^{-1} . Тривалість подавання води визначали налаштуванням блока управління, вона становила п'ять секунд. Пристрій вчасно реагував на зміну температури поверхні ємності та охолоджував її протягом п'яти секунд в автоматичному режимі. Автоматичний пристрій спрацьовував при нагріві поверхні ємності — аналогу до встановленого рівня $t = 50^{\circ}\text{C}$. Подавання холодоагенту тривало протягом $T = 5$ с після спрацювання пристрою, це забезпечувало охолодження поверхні ємності

до рівня моделі тіла людини — 37°C. Отримані дані засвідчили дієвість запропонованого технічного рішення.

Ураховавши результати випробувань на базі елементів моделі, розробники створили й випробували в лабораторних умовах макетний зразок [3] автоматичного автономного теплозахисного пристрою (рис. 2). Датчик для вимірювання температури в підкостюмному просторі налаштований з урахуванням інерційності підсистеми «одяг — тіло». Датчик розташований під поверхнею захисного одягу пожежника. Спрацювання відбувається під час нагрівання до температури 45°C. Додатково температуру в підкостюмному просторі вимірювали за допомогою термопари, а температуру зовнішньої поверхні захисного одягу в місці нагрівання — за допомогою безконтактного термометра типу Mastech MS 6531A (Китай). Нагрівали за допомогою джерела відкритого полум'я (газовий пальник), що був розташований на відстані близько 0,3 м від поверхні бойового одягу. Вимірювання температури проводили з інтервалом 10 с. Подавання води крізь форсунку становило 0,1 л · с⁻¹. Тривалість подавання води визначали налаштуванням блока управління, вона становила 5 с.

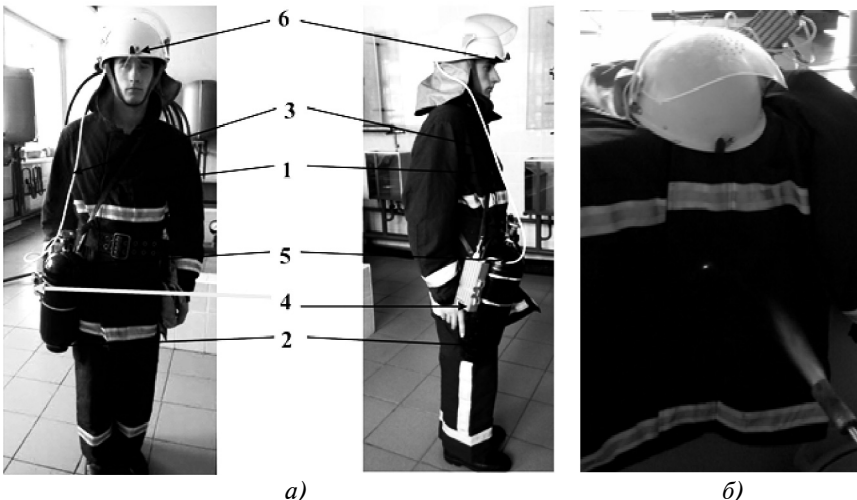


Рис. 2. Макетний зразок автоматичного автономного протитеплового пристрою:
а — зовнішній вигляд рятувальника в захисному одязі з пристроєм; *б* — лабораторні вогневі випробування: 1 — датчик температури; 2 — резервуар; 3 — трубопроводи; 4 — блок управління; 5 — електромагнітний клапан; 6 — розпилювач

Вимірювання виконували на порожньому одязі, оскільки для залучення волонтерів потрібні спеціальні заходи безпеки. Всього було проведено 12 циклів випробувань протягом п'ятих діб. При цьому отримані ідентичні показники динаміки температури в підкостюмному просторі під час роботи автономного автоматичного теплозахисного пристрою.

Результати випробувань макетного зразка охолоджувального пристрою свідчать про ефективність його роботи щодо захисту рятувальника. Автоматичний режим роботи пристрою забезпечує надійне оцінювання теплової обстановки в підкостюмному просторі й захист від «людського чинника». Імпульсний режим роботи пристрою забезпечує економну витрату холодоагенту й збільшення тривалості захисту рятувальника від теплового ураження. Температура (t_{ycm}), за якої спрацьовував пристрій, становила 45°C . Результати випробувань, а саме зміна температури під час нагрівання та спрацювання автоматичного пристрою в підкостюмному просторі, наведені на рис. 3.

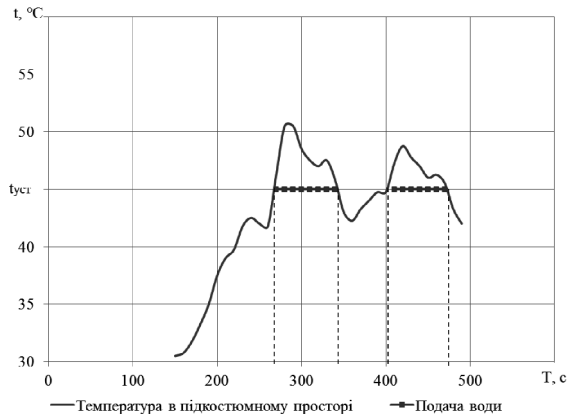


Рис. 3. Динаміка температури в підкостюмному просторі під час роботи автономного автоматичного теплозахисного пристрою

Отриманий результат випробувань свідчить про можливість здійснення захисту рятувальників від дії негативних чинників пожежі на початковому етапі ведення робіт з ліквідації надзвичайної ситуації. Порівняно з відомими засобами захисту від теплового ураження пристрій при експлуатації не потребує додаткових джерел енергії або матеріалів. Заправлення холодоагентом та заряджання акумулятору виконують завчасно в пожежній частині. Приведення

пристрою до готовності здійснюється при одяганні рятувальника в спеціальний одяг загального призначення. Малий за вагою та габаритами автоматичний автономний пристрій захисту від теплового впливу повинен входити до оснащення рятувальників разом з дихальної апаратурою. Важливим є автоматичний режим роботи пристрою, що дозволяє уникнути суб'єктивних оцінок стану оточуючого середовища. На відміну від існуючих засобів запропонований пристрій самостійно оцінює стан зовнішнього середовища і дає сигнал на спрацювання гідравлічної системи зрошення. Більшість існуючих засобів захисту від тепла несуть сигнальну функцію, сповіщаючи про небезпеку. Частина засобів захисту доцільно застосовувати для ведення робіт лише в розвіданих зонах теплового враження. Мобільність, малі вага і габарити запропонованого автоматичного автономного пристрою захисту рятувальників від теплового впливу дають значну перевагу перед існуючими конструкціями. Ця перевага проявляється не тільки під час використання в початковій стадії, а також і в інших стадіях ліквідації пожежі.

У перспективі таку конструкцію можна довести до серійного виготовлення й оснастити нею підрозділи ДСНС України. Для цього потрібне конструкторське й дизайнерське доопрацювання окремих вузлів і системи в цілому. Варто оптимізувати масу резервуара і його обсяг, зменшити вагу окремих елементів, опрацювати питання надійності й термостійкості трубопроводів, проводів тощо. Для дослідних зразків необхідно провести вогневі випробування на полігоні.

Література

1. Автономний теплозахисний пристрій: пат. на к.м. 119925 Україна. № 201704971; заявл. 22.05.2017; опубл. 10.10.2017, Бюл. № 19.
2. Костенко В. К., Костенко Т. В., Землянський О. Н., Куценко С. В., Майборода А. А. Автоматическое автономное теплозащитное устройство. Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, 2018. Т. 2, № 1. - С. 40—44.
3. Kostenko V., Kostenko T., Zemlianskiy O., Maiboroda A., Kutsenko S. Automatization of individual anti-thermal protection of rescuers in the initial period of fire suppression. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017. No. 5/10 (89). — Pp. 4—11.

Інформація про авторів: *Тетяна Костенко* канд. техн. наук, доцент
Tatiana.kostenko@gmail.com/
Tel. 0509873393

КУЗНЕЦОВА О. О., канд. техн. наук, доцент.
Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ

ASSESSMENT OF SPACER BAR DESIGN ON THE THERMAL PERFORMANCE OF WINDOWS

***Анотація.** Склопакети, що характеризуються високою енергоефективністю, включають низькоемісійне покриття поверхні скла, заповнення порожнини між склінням газом з низьким коефіцієнтом теплопровідності та застосування теплоізоляційних дистанційних рамок замість звичайних металевих конструкцій. Покращена конструкція вікон та відповідний вибір матеріалу для дистанційних рамок призводять до покращення загальних теплових характеристик та запобіганню утворення конденсату на поверхні скління, особливо в його нижній області.*

У роботі проведено порівняння температур поверхні скла при використанні у склопакетах дистанційних рамок, виготовлених з різних матеріалів, а саме: з алюмінію, з нержавіючої сталі та з пластику. Для всіх розглянутих випадків одне скло має низькоемісійне покриття, звернене до внутрішньої порожнини склопакету. Чисельне моделювання для визначення розподілу температур виконано відповідно до ISO 15099.

***Ключові слова:** теплоізоляційні склопакети, опір конденсації, коефіцієнт теплопередачі, енергетичні характеристики, дистанційні рамки, вікна.*

***Abstract.** High-performance glazing systems incorporate low-emissivity coating on glass, heavy gas fill in the glazing cavity and thermally improved spacer bars instead of the conventional metal bars. The improved design and proper selection of material for spacer bars provide means to improve the overall thermal characteristics and condensation resistance of windows, particularly in the edge-of-glass region.*

In this paper a comparison of glazing temperatures are performed for three different glazing/spacer configurations; one double glazing with an aluminum spacer, one double glazing with a stainless steel spacer, and one double glazing with a plastic spacer. For all the glazing one of the glass panes has a low emissivity coating facing the glazing cavity. Numerical simulations according to ISO 15099 are performed.

***Keywords:** insulating glass units, condensation resistance, U-factor, energy performance, spacer bars, windows*

1. Introduction

The thermal performance of windows has an important influence on the energy budget of a building. A large amount of energy may be transported out of buildings through the windows, i.e. a heat loss which in colder climates must be compensated by increased energy use for heating. In addition, there may also be large energy transport into buildings through windows due to solar radiation. A careful selection of window components (i.e. glass, spacer and frame) is necessary to obtain windows with the desired properties (i.e. magnitudes of thermal transmittance and solar heat gain coefficient).

Commonly, spacers have been made of aluminum, which is a material with a high thermal conductivity. This results in low temperatures on the interior glass, especially near the lower edge, which again may lead to condensation. New spacer technologies (materials and geometries) have therefore been developed and investigated [1]. Numerical investigations show that the total window U-value is reduced by 6 % if the aluminum spacer is replaced with an insulating spacer in a standard double-glazed wood framed window (no low emissivity coating on any of the glass panes). The corresponding difference was reported to be 12 % for high-performance windows [2]. Experimental and numerical studies [3] have been performed to investigate the effect of the spacer design on the glazing temperatures and glazing heat transfer rates for insulating glass units not mounted in a frame.

In this study, numerical simulations have been performed to assess the effect of various spacers on the inner glass surface temperatures. Results from numerical investigations are presented.

2. Materials and methods

2.1. Description of window frame, spacers and glazing

Double glazing mounted in the same wood frame were simulated; with an aluminum spacer, stainless steel spacer as well as a plastic spacer.

Figure 1 displays the simplified cross section of a window unit used for the numerical simulation.

The glazing system consisted of double glazing. The emissivity of the glazing panes was 0.84. The gap between the glazing panes was filled with air. The thickness of each glazing pane was 5 mm, and the thickness of the air gap was 16.510 mm. The efficient thermal conductivity of the air layer was 0.049 W/(m · K) whereas the U-factor of the overall glazing system was 1.935 W/(m²K).

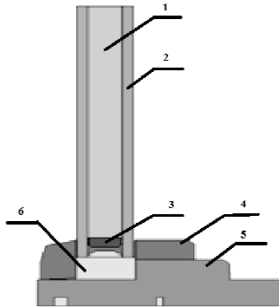


Figure 1. Scheme of the window unit simulated:

1 – air layer; 2 – glazing pane; 3 – spacer; 4 – sash; 5 – frame; 6 – frame cavity

The thermal conductivity of the wood sash was $0.11 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ whereas the thermal conductivity of the wood frame was $0.14 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

The highly conductive spacer (aluminum or stainless steel) with sealing is shown in Figure 2.

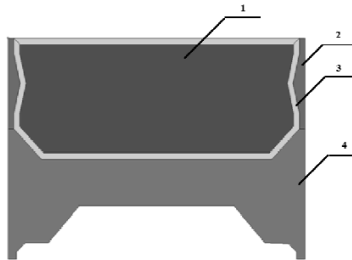


Figure 2. Metal spacer (aluminum or stainless steel) with sealing:

1 – silica gel; 2 – butyl rubber; 3 – metal (aluminum or stainless steel); 4 – polyvinylchloride (PVC) with 40 % softer

The thermal characteristics of the materials from which the metal spacers are consisted are represented in Table 1.

Table 1

Thermal characteristics of metal spacers and sealings

Material	Thermal conductivity, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.
aluminum alloy	160.0
stainless steel	17.0
silica gel	0.03
butyl rubber	0.24
polyvinylchloride (PVC) with 40 % softer	0.14

The plastic spacer had a thermal conductivity of $0.17 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ and was like a parallelepiped in shape.

2.2. Numerical Procedure

The numerical simulations were performed with the computer programs WINDOW 7.4 and THERM 7.4 [4], according to the procedures prescribed in ISO 15099 [5], which is a standard for determining the thermal performance of windows, doors and shading devices by detailed calculations. WINDOW 7.4 is a computer program for calculating total window thermal performance indices, i.e. U-values, solar heat gain coefficients, shading coefficients, and visible transmittances. THERM is a two dimensional building component thermal simulations program. U-values for frame and edge-of-glass were calculated in THERM and thereafter imported to WINDOW, which calculated the U-values for the center — of glass and the entire window.

2.4. Boundary Conditions

On the interior side the temperature T_i was 21°C and the convective heat transfer coefficient was $2.64 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ for the glazing pane and $3.09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ for the frame. On the exterior side the temperature T_e was -18°C and the convective heat transfer coefficient was $26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

3. Results and Discussion

3.2. Temperature Comparison

Figure 3 shows profiles of temperature for the window with a 15-mm-thick aluminum spacer. Figure 4 displays similar results for the window with a 15-mm-thick stainless steel spacer. Finally, Figure 5 shows temperature distribution for the window with a plastic spacer. It is seen that the glass surface temperature is affected by the material of spacer bar in the edge-of-glass region (about 67 mm from the sight line). This is demonstrated in Figure 5 when comparing the glass surface temperature. For a plastic spacer, the glass surface temperature would be higher than that of a highly conductive spacer bar such as a conventional metal spacer (e.g., aluminum or stainless steel). However, the glass surface temperature will be higher in the case of stainless steel spacer compared with the aluminum one.

It is also seen that the lowest temperature ($-2,1^\circ\text{C}$) is attained at the lowest point of the inner glaze surface for windows equipped with an aluminum spacer. The temperature increases up to 0°C for the window equipped with a stainless steel spacer. The highest value of the temperature is achieved in the case of using a plastic spacer.

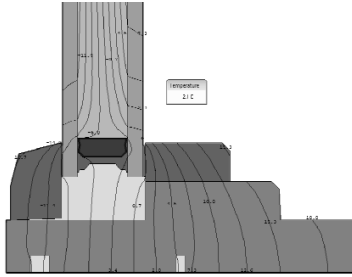


Figure 3. The temperature profiles for the window system equipped with an aluminum spacer

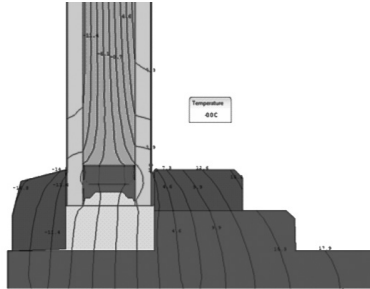


Figure 4. The temperature profiles for the window system equipped with a stainless spacer

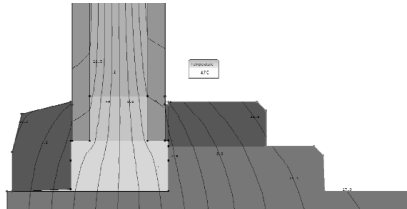


Figure 5. The temperature profiles for the window system equipped with a plastic spacer

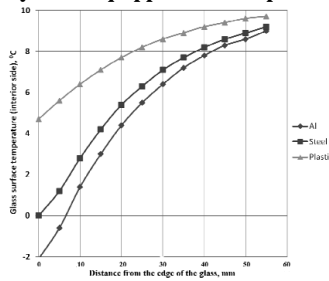


Figure 6. The inner glazing temperature as a function of the distance from the lower glazing edge
 (♦ — aluminum spacer; ■ — stainless spacer; ▲ — plastic spacer)

4. Conclusions and further investigations

The conclusions are as follows.

Numerical simulations showed that the thermal performance as well as inner glazing surface temperature is affected by the design of spacer. The simulated results showed that the lowest inner glazing surface temperature had the window equipped with an aluminum spacer. The highest inner glazing surface temperature was attributable to the window equipped with a plastic spacer. In the case of the use of a stainless spacer the temperature of the inner glazing surface was higher compared to the case if aluminum spacer was used.

This paper presents information that could be used as guidelines for window design. The data should not be generalized for all windows of similar materials. Window size, frame design, manufacturing tolerances and other factors would affect the final results.

References

1. Elmahdy A. H. (2004). Improved spacer bar design enhances window performance. Report NRCC-47310, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada.

2. Carpenter, S. C., & McGowan, A. G. (1989). Frame and spacer effects on window U-value. ASHRAE Transactions, Vol. 95, No 2, 604—608.

3. Elmahdy A. H., and Frank T. (1993). Heat Transfer at the Edge of Sealed Insulating Glass Units: Comparison of Hot Box Measurements with Finite-Difference Modeling. ASHRAE Transactions, Vol. 99, No. 1, 915—922.

4. ISO (2003). ISO 15099:2003 (E) — Thermal performance of windows, doors and shading devices — Detailed calculations. International Organization for Standardization, Geneva.

*Інформація про автора: Кузнєцова О. О., канд. техн. наук, доцент.
Email: ekyznec@ukr.net*

КУЛИК М. П., канд. техн. наук, доцент.
Івано-Франківський НТУ нафти і газу, м. Івано-Франківськ

ПЕРСПЕКТИВИ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В КОМБІНОВАНИХ ПАРОГАЗОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

***Анотація.** Проаналізований стан об'єктів теплової генерації електроенергії, які знаходяться в критичному стані через відпрацювання свого ресурсу основним технологічним обладнанням, а ТЕС входять у список найбільш екологічних небезпечних об'єктів. ОЕС України характеризується нестачею маневрових потужностей. Відновлення тепловою енергетики потрібно робити на базі комбінованих парогазових турбінних установок, які працюють на твердому паливі.*

***Ключові слова:** об'єкт теплової генерації, комбіновані парогазові енергетичні установок, мембранний розділювач повітря, додаткова топка циклонного типу.*

***Abstract.** It has been analyzed the state of thermal power generation objects, which are in critical condition due to expired service time of main technological equipment, while TPPs are among the most environmentally hazardous objects. The United Power System of Ukraine is characterized by a lack of maneuver capacity. The restoration of thermal power should be done on the basis of combined steam and gas turbine plants that operate on solid fuels.*

***Keywords:** thermal generation object, combined steam and gas power plants, membrane air separa separator, additional furnace of cyclone type.*

Об'єднана енергетична система (ОЕС) України включає наступні джерела генерації електричної енергії — теплові (ТЕС), атомні (АЕС) електростанції, гідро- та гідроакумуючі електростанції (ГЕС, ГАЕС) а також альтернативні і поновлювальні джерела. Загальна потужність всіх джерел знаходиться на рівні 50—54 ГВт, а обсяги виробництва електроенергії ОЕС України коливається в межах 170—200 млн. квт · год (на момент часу до анексії Криму і бойових дій в окремих районах Донецької та Луганської областей).

Співвідношення між видами генерації в процесі виробництва електроенергії не є постійним в часі та приблизно має [1, 2] на-

ступний вигляд: частка ТЕС і АЕС складає 40—55 % для кожного виду відповідно, ГЕС та ГАЕС 10—15 % разом, та на поновлювальні і альтернативні джерела генерації припадає 9—12 % потужностей. Із цього витікає, що до основних недоліків ОЕС слід віднести недостатність маневрових потужностей для покриття нерівномірних графіків споживання електроенергії. Для випадку номінального завантаження промислових підприємств, бюджетних організацій та комунальних споживачів необхідна частка генеруючих потужностей, здатних працювати в пікових та напівпікових режимах, повинна знаходитися в межах 25—30 %.

У зв'язку з тим, що потужностей ГЕС та ГАЕС не достатньо для покриття пікових навантажень, останнім часом для цієї мети використовують окремі вугільні блоки ТЕС, які при цьому працюють у непроєктних режимах, а іноді на певний час їх відключають, тримаючи їх в гарячому резерві. Вугільні блоки об'єктів теплової генерації побудовані у 60—70-х роках минулого століття, а майже 90 % їх числа, в основному вичерпали свій технологічний ресурс [3, 4]. А часті пуски та зупинки ще додатково погіршують їх критичний стан.

Під час роботи джерел теплової генерації в димових газах електростанцій присутні шкідливі речовини — окисли азоту (палівні, швидкі, термічні), сірчистий та сірчаний ангідрид, вуглекислий газ CO_2 та окис вуглецю CO (або чадний газ), сажа, зола та частинки незгорілого палива, а також канцерогенні речовини (зокрема 1,2 бенз(а)пірен — речовина найвищого першого класу небезпеки). А з врахуванням висоти димових труб (а вона сягає досить величини 250—320 метрів) вказані шкідливі речовини розносяться вітрами на великі відстані, а деякі із названих інгредієнтів є джерелом формування кислотних дощів.

Основний найбільший внесок у загальний індекс токсичності димових газів вносять окисли азоту, хімічна реакція утворення яких є ендотермічною (вона протікає з поглинанням теплоти). Зменшення температури у факелі не тільки приводить до зниження загального коефіцієнта корисної дії енергетичного блока. Це зниження температури горіння рівноважну концентрацію оксидів азоту, та одночасно збільшує час, необхідний для досягнення цієї рівноважної концентрації. Час перебування продуктів згорання у факелі топки при температурі 1400—1500°C майже в 100 разів менший за необхідний для досягнення рівноважної концентрації. Надлишок азоту прискорює реакцію, але одночасно його збіль-

шення знижує температуру горіння, що уповільнює хімічну реакцію. При малих надлишках повітря відчутніший вплив першого чинника, а при більших — другого.

Якість основного палива — помеленого до певної тонини кам'яного вугілля, останнім часом постійно погіршуються, що приводить ще й до погіршення екологічної ситуації в районах розташування ТЕС. А вони всі і без цього знаходяться разом із металургійними підприємствами до сотні найбільших забруднювачів навколишнього середовища, в тому числі атмосферного повітря та водних об'єктів, а розміщення твердих відходів, зокрема золи, потребує досить великих земельних площ. Відвали золи характеризуються ще й погіршенням радіаційної обстановки та забрудненням джерел питної води та ґрунтів солями важких металів.

Із викладеного вище витікає, що об'єкти теплової генерації? один із двох донорів ОЕС України разом із АЕС, знаходяться в критичному стані з причини надмірного зношення основного технологічного обладнання, значного забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами. В загальному на додачу ОЕС характеризується нестачею маневрових потужностей, що могло би згладити графіки добового, сезонного та річного споживання. Вказаний факт підтверджується [5, 6] широким колом представників наукових установ, державних органів та експертів вітчизняної та міжнародної професійної спільноти.

Традиційним методом формування маневрових потужностей [7] є розвиток гідроенергетики, але в умовах України такий шлях не можна вважати реальним. Навіть оновлена Енергетична Стратегія України до 2035 року не передбачає повноцінних швидких кроків в цьому напрямку [8, 9]. Розвинуті країни світу та Європи вирішують таке завдання шляхом використання сучасних газотурбінних технологій, які мають у порівнянні із паротурбінними електростанціями суттєві переваги. В умовах України такий шлях мав би перспективи, але робота газотурбінних установок (ГТУ) потребує дефіцитного та досить дорогого газотурбінного палива.

Поєднання в одній комбінованій енергетичній установці двох методів генерації електричної енергії може забезпечити необхідну маневровість та мобільність [10] (тобто швидкість набору чи зниження потужності блока). Принципова схема такої установки приведена на рис. 1.

Аналізуючи блок-схему комбінованої установки необхідно зауважити, що за рахунок наявності у нижньому трьох блоків пере-

творення, при чотирьох етапах у верхньому ланцюжку, загальний коефіцієнт корисної дії паралельного з'єднання буде, як мінімум на 5 % вище, ніж при окремій роботі складових частин парової і газової генерації при тій же кількості спалюваного вугілля.

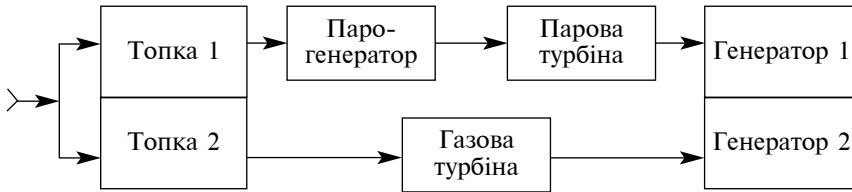


Рис. 1. Блок-схема комбінованої парогазової енергетичної установки без камери спалювання в газовій частині

Більші перспективи в плані нарощування маневрових потужностей існують у випадку забезпечення роботи парогазових установок на твердому паливі, запаси якого у світі оцінюються при сьогоднішніх темпах споживання на період до 400—450 років. Для України, на погляд деяких авторів, більш перспективним був би шлях спільного використання парового та газового методу генерації в одній комбінованій енергетичній установці при правильному співвідношенні потужностей газової і парової частини, а також використання для формування робочого тіла газової частини тепла від спалювання частки меленого вугілля в додатковій циклонній топці з сорочкою охолодження.

На рис. 2 приведена блок-схема комбінованої парогазової енергетичної установки, коли в циклонний передтопок (або додаткову топку) на спалювання подається атмосферне повітря, збагачене киснем при допомозі [11] розділювача мембранного типу. При цьому, при збагаченому киснем атмосферному повітрі тільки на 10 % і відсутності надлишку повітря (а це ще 15 %), об'єм димових газів знизиться на 25 %.

Для підтвердження деяких допущень, висловлених вище, наведемо деякі результати теоретичних досліджень процесу спалювання кам'яного вугілля марки Г Львівсько-Волинського басейну на енергоблоці 150 МВт з котлом ТП-92 Добротвірської ТЕС. При цьому будемо вважати, що кам'яне вугілля (якість якого в перспективі може погіршуватися) має такий склад на робочу масу палива: зольність $A^p = 29\%$; вологість $W^p = 10\%$; нижча теплотворна здатність $Q_i^{\delta} = 4650$ ккал/кг (19,47 МДж/кг).

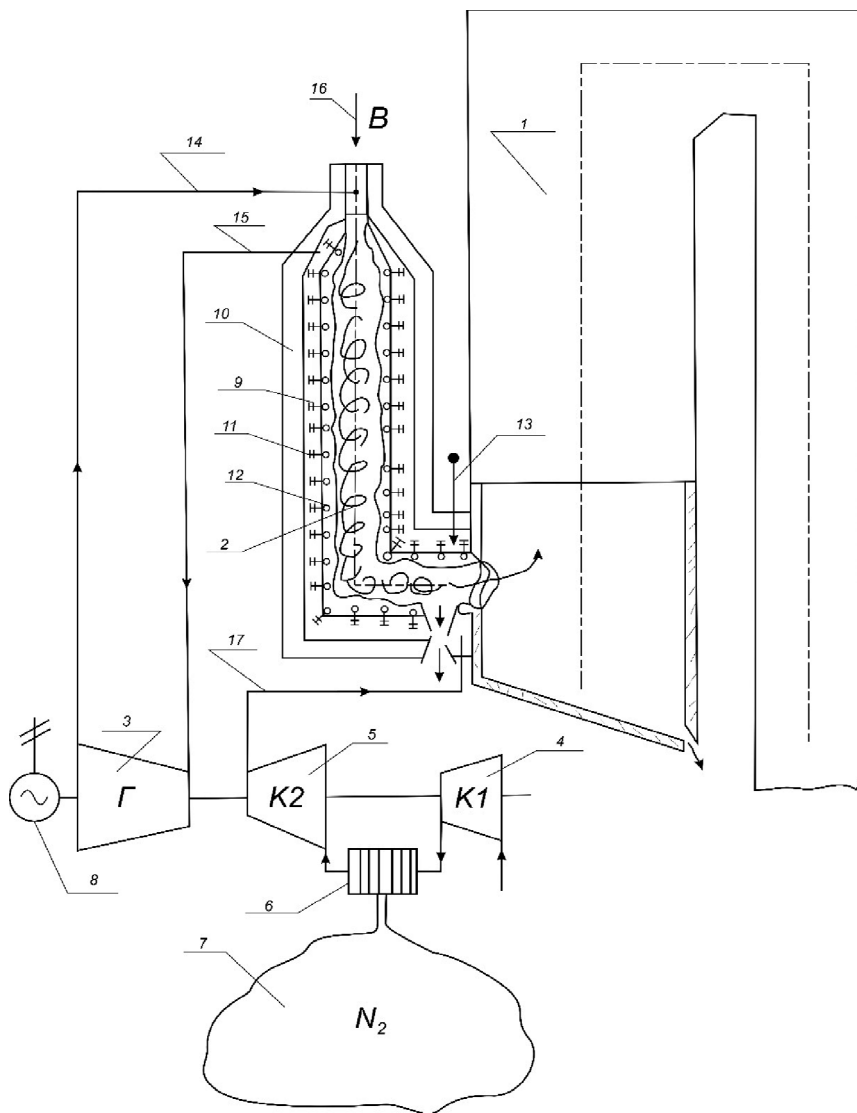


Рис. 2. Блок-схема комбінованої ПГТУ з додатковою топкою циклонного типу та мембранним розділювачем повітря.

Найважна витрата пилу твердого палива на котел ТП-92 визначена за формулою [5, 6], т/год:

$$B_B = B_M \cdot Z \cdot K_G, \quad (1)$$

де Z — кількість працюючих млинів; K_G — коефіцієнт готовності пилосистеми; для базових режимів роботи $K_G = 0,9$.

Корисне тепловиділення визначається за формулою [5, 6], ГДж/год:

$$Q_T = B_B \cdot Q_H^p \cdot \eta_K^{op} \cdot 10^{-2}, \quad (2)$$

де Q_H^p — калорійність вугілля, МДж/кг; η_K^{op} — ККД бруто котла, %.

Витрата тепла на турбоагрегат [5, 6], ГДж/год:

$$Q_0 = \frac{Q_T \cdot \eta_{ТП}}{1 - \alpha_\phi} \cdot 10^{-2}, \quad (3)$$

де $\eta_{ТП}$ — коефіцієнт теплового потоку, %; α_ϕ — частка тепла від загально-го тепловиділення у випадку підсвічування пиловугільного факела мазу-том або природним газом ($\alpha_\phi = 0,2$).

Залежність максимальної потужності енергоблоку від витрати тепла на турбоагрегат береться з нормативних (паспортних) даних для турбоагрегату К-160-130.

У результаті розрахунків отримаємо витрати вугілля вищевка-заних характеристик на котел ТП-92 залежно від потужності енер-гоблоку, які зведено до таблиці 1.

Таблиця 1

Електрична потужність енергоблоку N_{el} , МВт	90	120	150
Витрата палива B_B , т/год	43	55	68

Результати розрахунків витрат повітря для спалювання вугілля в котлі ТП-92 залежно від потужності енергоблоку зведено в таблицю 2.

Таблиця 2

Електрична потужність енергоблоку N_{el} , МВт	90	120	150
Теоретична кількість повітря, $\text{нм}^3/\text{год}$	207240	285398	345394
Об'ємна витрата повітря при $\alpha = 1,15$, $\text{нм}^3/\text{год}$	238322	328205	397201
Об'ємна витрата продуктів згорання при $\alpha = 1,15$, $\text{нм}^3/\text{год}$	256241	352880	427065

Варто також зауважити, що в об'ємах продуктів згорання не вра-ховано присмокоти повітря в конвективній шахті та газоходах котла.

Для зменшення негативного впливу на оточуюче середовище котла ТП-92, зокрема зниження викидів оксидів азоту, розглянемо збільшення частки кисню, і відповідно зменшення частки азоту в повітрі, що подається для спалювання палива.

Дослідимо, як зміниться витрата повітря та димових газів, якщо співвідношення між киснем та азотом в повітрі, що подається для спалювання вугілля змінити на 30/70, 40/60 відповідно. Результати розрахунку зведено в таблицю 3.

Таблиця 3

Потужність енергоблоку N_{en} , МВт	90	120	150
Об'ємна витрата продуктів згорання при $\alpha = 1,15$, $\text{нм}^3/\text{год}$	256241	352880	427065
Об'ємна витрата продуктів згорання при вмісті кисню в повітрі 30 %, $\text{нм}^3/\text{год}$	234385	312510	390640
Об'ємна витрата продуктів згорання при вмісті кисню в повітрі 40 %, $\text{нм}^3/\text{год}$	223960	298606	373260

З таблиці 3 випливає, що для енергоблоку потужністю 150 МВт, за умови несення номінальної потужності, збільшення кисню в повітрі до 30 % призводить до зменшення об'ємної витрати продуктів згорання на $36425 \text{ нм}^3/\text{год.}$, а при 40 % — $53805 \text{ нм}^3/\text{год.}$

Отже, в результаті збільшення вмісту кисню в повітрі, що подається для спалювання вугілля знижується витрата продуктів згорання та вміст азоту, що дозволяє підвищити технічні характеристики котла ТП-92 — за рахунок зниження втрати з відхідними газами, зменшення витрати електроенергії на транспортування димових газів, та екологічні показники — за рахунок зменшення у відповідній пропорції викидів оксидів азоту.

Комбінована парогазова енергетична установка з додатковою топкою циклонного типу, в сороці якої формується робоче тіло для газової генерації, характеризується більшою маневровістю та мобільністю. В роботі запропоновано новий підхід, щодо підвищення ефективності спалювання твердого низькосортного органічного палива в енергетичних котлах, що полягає в організації процесу горіння палива із повітрям, в якому підвищено вміст кисню. В такому випадку спостерігається зниження викидів оксидів азоту у вихлопних газах, підвищення ефективності вигорання твердого палива, зниження витрати енергії на власні потреби, а отже збільшення ККД котельного агрегату. Основні розрахунки витрат повітря та димових газів виконано на прикладі котельного агрегату ТП-92.

Література

1. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє [Електронний ресурс] — Режим доступу <http://energetika.in.ua/ua/>.
2. Теплова енергетика — нові виклики часу/ За заг. редакцією П. Омеляновського, Й. Мисака. Львів: НВФ «Українські технології», 2009. — 660 с.
3. Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття // За загальною ред. А. К. Шидловського, М. П. Ковалка. Київ: Українські енциклопедичні знання. 2001. 400 с.
4. Воронцов С. Про відповідність Енергетичної стратегії України на період до 2030 року сучасним викликам і загрозам у сфері енергетичної безпеки // Національний інститут стратегічних досліджень. — Електронний ресурс/ <http://www.niss.gov.ua/articles/470/>
5. Мацевитый Ю. М., Стогний Б. С., Шидловский А. К. Научно-техническое обеспечение долгосрочных планов развития энергетики Украины. Энергетика та електрифікація. 2013. № 1. — С. 41—52.
6. Праховник А. В., Попов В. А., Находов В. Ф. Развитие маневренной генерации ОЭС Украины как фактор повышения энергетической безопасности государства. Энергетика та електрифікація. 2008. № 7. — С. 9—12.
7. Иванченко О. Бойко взявся за гидроенергетику // № 16—17 (353) от 26.04.2013 / <http://gazeta.comments.ua/art=1348741706/>.
8. Шеберстов О. М. Стан теплових електростанцій України, перспективи їх оновлення і Модернізації. Енергетика та електрифікація. 2004. № 12. — С. 3—6.
9. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» / Електр. ресурс: mre.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article_art_id=245239564/
10. Кулик М. П., Семчук Я. М. Екологічні та техніко-економічні аспекти спільної роботи парогазотурбінних установок. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Нафтогазова енергетика». 2008. № 1(6). — С. 65—68.
11. Кулик М. П., Кравець Т. Ю. Підвищення ефективності спалювання органічного палива в комбінованих парогазових енергетичних установках. Науковий Вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(6). — С. 98—104.

Інформація про авторів: Кулик М. П., канд. техн. наук, доцент каф. ТЗНС та ОП, e-mail m_p_kulik@ukr.net, тел. +308-050-337-74-37,

ПАНАСЮК І. В., д-р техн. наук, професор

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ

ПАНАСЮК О. І., магістр

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ У СВІТІ

***Анотація.** Представлено аналітичний огляд досліджень перспектив розвитку теплоенергетики у світі. Розглянуто основні проблеми розвитку теплоенергетики у світі: ресурсні проблеми, екологічні проблеми, демографічні потреби у енергії, паливні перспективи. Прогнозується що у період до 2040 року найбільш затребуваним енергоресурсом стане газ. Головне завдання теплоенергетики в XXI столітті — широкомасштабне і більш ефективне використання поновлюваних енергоресурсів.*

***Ключові слова:** енергоресурси, зміна клімату, теплоенергетика, енергоспоживання, демографічні потреби.*

***Abstract.** An analytical review of the prospects of the development of heat power engineering in the world is presented. The main problems of heat energy development in the world are considered: resource problems, environmental problems, demographic energy needs, fuel prospects. It is forecasted that in the period until 2040 the most demanded energy will be gas. The main task of thermal power engineering in the XXI century is the large-scale and more efficient use of renewable energy resources.*

***Keywords:** energy, climate change, heat power engineering, energy consumption, demographic needs.*

Світове споживання енергії продовжує зростати високими темпами. Тільки за останні 50—60 років природних енергоресурсів було витрачено в три рази більше, ніж за всі попередні століття. В останні десятиліття ресурсні та екологічні проблеми енергетики знаходять відображення в численних публікаціях, ними займаються провідні міжнародні організації та інститути. Однак до сих пір досить значний розкид в оцінках як перспектив розвитку енергетики, так і масштабів, пов'язаних з рівнем її впливу на навколишнє середовище, на глобальні зміни природного середовища, в тому числі на зміну клімату планети, а також на забруднення на-

вколишнього середовища. Стурбованість масштабами глобальних змін природного середовища і станом ресурсної бази планети робить сучасну енергетичну та екологічну політику одними з головних регуляторів подальшого розвитку світової енергетичної галузі. Від ефективності її роботи залежить можливість вирішення основних глобальних екологічних проблем людства.

Ресурсні проблеми світової теплоенергетики. За останні 50 років населення планети збільшилось у два рази, і досягло у 2016 році понад 7 млрд людей. Зростає міське населення і становить ~ 60 % від загальної чисельності. Спостерігається семиразове зростання економічної активності (зростання глобального внутрішнього валового продукту) при збільшенні обсягів річного використання первинних енергоносіїв з 4,9 до 13,1 млрд тонн нафтового еквівалента (т н. е.), а, відповідно, і збільшення середньосвітового річного питомого енергоспоживання з 1,4 до 1,8 т н. е. / (люд. на рік). Важливим на сучасному етапі є те, що в промислово розвинених країнах майже 50 % бюджету витрачається саме на забезпечення суспільства енергією [1—6].

Слід особливо відзначити, що безпрецедентно високі темпи розвитку світової економіки багато в чому досягнуті за рахунок інтенсивного споживання невідновлюваних природних ресурсів при глобальній зміні природного середовища, включаючи деградацію її регуляторних функцій з несприятливими наслідками для людства. Обсяг надлишкового техногенного навантаження на природу в зазначений період став занадто великий і наблизився до межі стійкості всієї біосфери. Тому на найближчі десятиліття можна відзначити три сценарії подальшого розвитку світової теплоенергетики з урахуванням використання як традиційних (невідновлюваних) природних енергоресурсів, так і альтернативних енергоносіїв:

- радикальний енергетичний сценарій це — подальше подвоєння — потроєння споживання енергії протягом поточного сторіччя, в тому числі за рахунок зростання використання традиційних викопних вуглеводневих енергоносіїв. Дані по енергоспоживанню останніх п'яти років свідчать про зростання рівнів використання традиційних енергоносіїв, в тому числі вугілля, переважно за рахунок Китаю та Індії;

- стабілізація питомого енергоспоживання на душу населення на рівні, визначеному кліматичними та географічними факторами і, в основному, за рахунок підвищення ефективності технологій як виробництва, так і використання енергії;

- постійне істотне зниження споживання традиційних викопних вуглеводневих енергоносіїв за рахунок використання більш складних «законсервованих» енергоносіїв, розширення обсягів і більш ефективного застосування відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), синтетичних вуглеводневих енергоносіїв, одержуваних в тому числі з вугілля, а також біопалив, водню тощо.

Найважливіші екологічні проблеми світової теплоенергетики. Зростання чисельності населення планети, неухильне розширення обсягів споживання ресурсів Землі та їх неефективне використання з природних ресурсів, що видобуваються, виробляється не більше ніж 5 % корисної продукції, а решта викидається у вигляді відходів, забруднюючи довкілля, зростання рівнів виробництва в енергетиці, промисловості, сільському господарстві, на транспорті, розширення і ускладнення міжнародних господарських зв'язків — всі ці і багато інших чинників призвели до зростання техногенного навантаження на природу, різних форм її деградації, руйнування і знищення біосферних систем, включаючи глобальну біоту, і призводять, відповідно, до зниження якості їх функціонування, з негативними наслідками для людства [1—5, 8, 9].

Демографічні потреби. Ключовим показником для енергетичного прогнозу є попит на енергію. Він, природно, визначається динамікою розвитку демографії та економіки країн. За останнім демографічним прогнозом ООН, до 2040 року населення планети досягне 8,9 млрд осіб. У результаті приріст населення, пік якого припав на 1970-ті роки, знизиться в порівнянні з поточним вдвічі. Багато в чому цим автори дослідження і пояснюють очікуване уповільнення зростання енергоспоживання. Основний приріст населення зміщується в Африку (близько 85 %) і Індію (33 %). На інші країни Азії, що розвиваються, припадає 90 % абсолютного приросту населення світу, що буде найважливішим драйвером попиту на енергію. До 2040 року 73 % населення Землі буде жити в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні та Африці, а найбільш населеною країною стане Індія. З країн ОЕСР істотний приріст населення (24 %) передбачається тільки в Північній Америці.

Що стосується економічного зростання, то в найближчі тридцять років навряд чи буде відбуватися зростання світового ВВП. Серед причин автори прогнозу називають зниження інтенсивності основних факторів виробництва, уповільнення зростання населення, обмеження можливостей приросту територій зі зростаючими проблемами водопостачання, а також подорожчання основних

ресурсів (зокрема, чергове подвоєння цін вуглеводнів щодо середніх за останні 30 років).

У розвинених країнах продовжаться тенденції постіндустріального розвитку з подальшим зрушенням в сферу послуг. У зв'язку зі зниженням темпів економічного зростання припускають концентрацію капіталу в більшій мірі на зростанні ефективності та продуктивності, ніж приріст потужностей.

Дослідники вважають, що в подальшому збережуться сьогоднішні пріоритети енергетичної політики світових гравців: великі імпортери (більшість країн ОЕСР, Китай, інші країни Азії) зацікавлені в помірних цінах на енергоресурси, що корисно їх економікам. А експортери енергоресурсів — в основному країни ОПЕК і СНД — прагнуть максимізувати доходи від експорту. Зіставляючи прогнозну динаміку енергоспоживання з демографічною і економічного зростання, автори прогнозу дійшли висновку, що витрата первинної енергії в світі в 2020—2040 рр. збільшиться на 40 % або в середньому на 1,1 % щорічно. Це втричі менше ніж середньорічні прирости ВВП і помітно повільніше зростання енергоспоживання за останні тридцять років. При цьому, якщо США та інші розвинені країни будуть демонструвати зниження душевого енергоспоживання, то Китай, навпаки, буде стрімко підвищувати цей показник. У зв'язку з цим помітно змінюється розміщення енергоспоживання: зі зростанням населення в країнах, що розвиваються, йде дедалі активніше зміщення туди і центрів енергоспоживання. При цьому розвинені країни до 2040 року підвищать споживання лише на 3 %, а США та інші країни ОЕСР після 2020 року практично зупинять зростання попиту на енергію.

Паливні перспективи. У тридцятирічній перспективі не очікується радикальних змін глобальної паливної корзини — світ як і раніше не готовий знизити залежність від викопних видів палива. Вуглеводні збережуть безумовне домінування в паливному кошику — їх частка в 2040 році становитиме 51,4 %, що практично відповідає показнику 2010 року — 53,6 %. Серйозні зміни торкнуться окремих видів вуглеводневої сировини, і, в першу чергу, нафти. Її частка в споживанні первинної енергії скоротиться з 32 % до 27 %. Частка вугілля, який демонстрував найвищі темпи зростання в перше десятиліття двадцять першого століття, знизиться з 28 % до 25 %. Його використання буде обмежено в основному з екологічних міркувань не тільки в розвинених, але і в країнах, що розвиваються. Частка атомної енергетики не зміниться — 6 %.

Найвищі темпи зростання в прогнозний період мають поновлювані джерела енергії (ПДЕ) (без урахування гідроенергії, але з урахуванням біопалива). До 2040 року на них припаде 13,8 % світового енергоспоживання і 12 % вироблення електроенергії (проти 10,9 % і 3,7 % в 2010 році). Однак за абсолютними обсягами приросту споживання в паливного кошика буде лідувати газ, який і стане найбільш затребуваним видом палива в найближчі 30 років.

Попит на рідкі палива буде, як і раніше, визначатися зростаючим транспортним сектором (до 80 % від загального обсягу попиту на нафту до 2040 року). Основним фактором стримування зростання споживання палив на транспорті, як і раніше, залишається підвищення енергоефективності транспортних засобів. У базовому сценарії, представленою світовими експертами, світовий попит на рідкі палива до 2040 року буде рости в середньому на 0,5 % щорічно і складе 5,1 млрд тонн, тобто збільшиться на 26 %. Прискорене зростання попиту очікується в країнах, що розвиваються. Розвинені країни покажуть протилежну динаміку: зупиняється ріст попиту на рідкі види палива в Європі і США, а в розвинених країнах Азії (особливо в Японії) взагалі очікується помітне зниження споживання. Свою роль тут зіграла технологія видобутку сланцевої нафти в США. Потенціал нафти сланцевих плеїв в США був явно недооцінений в експертному співтоваристві. Уже в 2012 році видобуток цих видів нафти, за повідомленням Департаменту енергетики США, склала близько 100 млн тонн, і в 2013 році США наблизяться за обсягом видобутку нафтових палив до Саудівської Аравії. У перспективі до 2040 року в базовому сценарії очікується значне зростання видобутку нафти в США — до 594 млн тонн. Приріст буде забезпечений саме нафтою сланцевих плеїв і складе 416 млн тонн. Зростання видобутку традиційної нафти після 2030 року очікується майже виключно за рахунок газового конденсату. У базовому сценарії світовий видобуток нафти сланцевих плеїв оцінюється в 420 млн тонн до кінця періоду. В основному її забезпечать родовища Північної Америки. Виробництва нафти і газового конденсату сланцевих плеїв вистачить, щоб світові ринок не переключався на альтернативні види палива з газу або вугілля.

Всесвітня газифікація. До 2040 року зростання світового споживання газу може зрости до 5,3 трлн м³, що більш ніж на 60 % перевищує рівень 2010 року. Як і по рідким видам палива, основний приріст попиту (81 %) забезпечать країни, що розвиваються.

Аналіз родовищ і районів видобутку газу показує, що в світі потенційно існують достатні обсяги його доступних запасів, які можна добути до 2040 року за ціною нижче \$ 150 за тисячу м³. Розвиток сланцевого газовидобутку, як і сланцевої нафти, вже побічно справив значний вплив і на світові ринки, насамперед, в частині перерозподілу потоків зрідженого природного газу (ЗПГ). З 2016—2018 рр. цей вплив тільки зростає з можливим початком експорту ЗПГ із США і Канади. Цей газ, швидше за все, піде на преміальні ринки АТР, Латинської Америки і Європи. Найбільш впливовими учасниками газового ринку в розглянутій перспективі, крім Росії, стануть США і Китай. Поступаючись Росії за обсягами видобутку експорту газу до 2040 року, США, проте, помітно посилять свій вплив за рахунок виходу на ринок ЗПГ. А країни ОПЕК на газовому ринку поступово втрачають свої позиції як через появу нових потужних гравців (США, Австралія), так і з-за вибухового зростання внутрішнього попиту на газ і необхідності задовольняти його, щоб уникнути соціальних проблем навіть на шкоду експорту газу.

Висновки. Уповільнення глобального енергоспоживання, яке сьогодні намітилося на світових енергетичних ринках, свідчить про настання нового етапу розвитку світової енергетики, відзначають експерти. У період до 2040 року енергоспоживання в світі продовжить сповільнюватися, хоча такі тридцять років людство не збирається відмовлятися від вуглеводнів. У цей період найбільш затребуваним енергоресурсом стане газ. Перед світовою теплоенергетикою в ХХІ столітті поставлені важливі завдання щодо її подальшого розвитку з урахуванням обмежених запасів традиційних викопних енергоносіїв, широкомасштабного і більш ефективного використання поновлюваних енергоресурсів при істотному зниженні техногенного (екологічно небезпечного) навантаження на природне середовище і людину. Розв'язання найважливіших для людства ресурсних, енергетичних та екологічних проблем, включаючи глобальну зміну клімату і забруднення життєвого середовища головне завдання не тільки для енергетики, а в цілому для суспільства.

Література

1. Теплоэнергетика. Топливоно-экологические проблемы и перспективы развития / П. М. Канило, А. Л. Шубенко // Проблемы машиностроения. 2017. Т. 20, № 1. — С. 69—77.

2. Клименко, В. В. Мировая энергетика и климат планеты в XXI веке в контексте исторических тенденций / В. В. Клименко, А. Г. Терешин, О. В. Микушина // Журн. Рос. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. 2008. Т. LI, № 6. — С. 11—17.

3. Канило, П. М. Тепловая энергетика, ДВС и глобальное потепление климата / П. М. Канило, А. П. Марченко, И. В. Парсаданов // Двигатели внутреннего сгорания. Харьков: НТУ «ХПИ», 2015. № 2. — С. 57—68.

4. Канило, П. М. Автотранспорт. Топливо-экологические проблемы и перспективы / П. М. Канило. Харьков: Харьков. нац. автодор. ун-т, 2013. — 272 с.

5. Канило П. М. Глобальное потепление климата. Антропогенно-экологическая реальность / П. М. Канило. Харьков: Харьков. нац. автодор. ун-т, 2015. — 312 с.

6. BP-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.bp.com/statisticalreview>. — 12.08.2016.

7. Канило П. М. Угольно-водородные парогазовые комплексы с дополнительным производством синтетических топлив / П. М. Канило, В. В. Соловей, В. Е. Костюк // Пробл. машиностроения. 2009. Т. 12, № 4. — С. 64—72.

8. Морев С. Ю. Климатические проблемы XXI века / С. Ю. Морев // Усп. современ. естествознания. 2012. № 3. — С. 65—68.

9. Лосев К. С. Парадоксы борьбы с глобальным потеплением / К. С. Лосев // Вестн. РАН. 2009. Т. 79, № 1. — С. 36—40.

Інформація про авторів: Панасюк І.В. д-р техн. наук, професор
panasjuk.i@knutd.edu.ua

ХАЛАМІРЕНКО І. В., канд. техн. наук, доцент
Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса

ОПТИМИЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

***Анотація.** Розглянуто способи підвищення економічності асинхронних електроприводів шляхом зміни напруги на статорі асинхронного двигуна. В якості основного прийнятий алгоритм стабілізації еквівалентного фазового кута навантаження на рівні, рівному номінальному значенню для даного двигуна і характеризує співвідношення активних і індуктивних параметрів його схеми заміщення. Представлений алгоритм обчислення цього кута за значенням кута запізнювання струму і кута управління тиристорами. Розглянуто мікропроцесорна система управління, яка здійснює розрахунок і стабілізацію на заданому рівні еквівалентного фазового кута навантаження. Наведено результати експериментальних досліджень.*

***Ключові слова:** асинхронний електропривод, тиристорний перетворювач напруги, енергетична ефективність, критерії оптимізації, коефіцієнт потужності.*

***Abstract.** The ways of increasing the efficiency of asynchronous electric drives by changing the voltage on the stator of an asynchronous motor are considered. As the main accepted algorithm for stabilizing the equivalent phase load angle at the level equal to the nominal value for this engine and characterizes the ratio of active and inductive parameters of its replacement scheme. The algorithm for calculating this angle is represented by the value of the angle of the current lag and the angle of control of the thyristors. The microprocessor control system, which performs the calculation and stabilization at a given level of equivalent phase load angle, is considered. The results of experimental research are presented.*

***Keywords:** asynchronous electric drive, thyristor voltage converter, energy efficiency, optimization criteria, power factor.*

У низці галузей промисловості специфіка технологічних процесів зумовлює тривалу роботу механізмів з асинхронними двигунами (АД) з навантаженням, значно меншою за номінальну. Таке

використання АД визначає значно нижчі в порівнянні з номінальними значення ККД і коефіцієнта потужності і, отже, до істотних втрат електроенергії. Тому вирішення питань оптимізації енергетичних характеристик АД, що працюють в зазначених режимах, являє собою актуальну задачу.

Відомо, що при роботі АД з постійною частотою живлячої напруги втрати в двигуні в сталому режимі є функцією моменту навантаження і струму намагнічування. Оскільки залежність втрат від струму намагнічування при постійних значеннях моменту навантаження має екстремальний характер, то для кожного значення моменту навантаження втрати в двигуні можна зводити до мінімуму шляхом регулювання струму намагнічування.

Мета роботи — розробка системи оптимізації коефіцієнта потужності асинхронного двигуна, реалізованої на базі тиристорного перетворювача напруги.

Аналіз варіантів оптимального за різними критеріями управління АД показав, що основним критерієм оптимізації енергетичних характеристик повинен бути мінімум повного струму статора або постійний коефіцієнт потужності, рівний номінальному. Системи управління АД з коефіцієнтом потужності в якості регульованого параметра набули поширення під назвою регуляторів коефіцієнта потужності. Інформація про коефіцієнт потужності в цих пристроях визначається кутом δ запізнювання струму через тиристори. Передбачається, що кут і коефіцієнт потужності, що дорівнює відношенню активної потужності P до повної S , в рівній мірі характеризують енергетичні параметри АД. Однак таке припущення прийнятно тільки для АД малої потужності. Параметром, адекватним коефіцієнту потужності будь-якого АД, є еквівалентний фазовий кут навантаження $\varphi_{\Delta} = \arctg \omega_0 L_{\Delta} / R_{\Delta}$, де ω_0 — кутова частота мережі живлення; L_{Δ} і R_{Δ} — еквівалентні індуктивність і активний опір АД, наведені до входу.

Якщо в якості ТПН застосувати перетворювач, що містить в кожній фазі зустрічно-паралельно включені тиристори, то кути δ і φ_{Δ} будуть пов'язані з кутом відкривання тиристорів співвідношенням [1]:

$$\frac{\sin(\delta - \varphi_{\Delta})}{\sin(\alpha - \varphi_{\Delta})} = e^{\frac{\alpha - \delta}{\operatorname{tg} \varphi_{\Delta}}} \cdot \frac{e^{\frac{\pi}{3 \operatorname{tg} \varphi_{\Delta}}} - e^{\frac{2\pi}{3 \operatorname{tg} \varphi_{\Delta}}} - 2e^{\frac{\pi}{\operatorname{tg} \varphi_{\Delta}}}}{e^{\frac{\pi}{3 \operatorname{tg} \varphi_{\Delta}}} - e^{\frac{2\pi}{3 \operatorname{tg} \varphi_{\Delta}}} + 2}, \quad (1)$$

графічна інтерпретація якого наведена на рис 1.

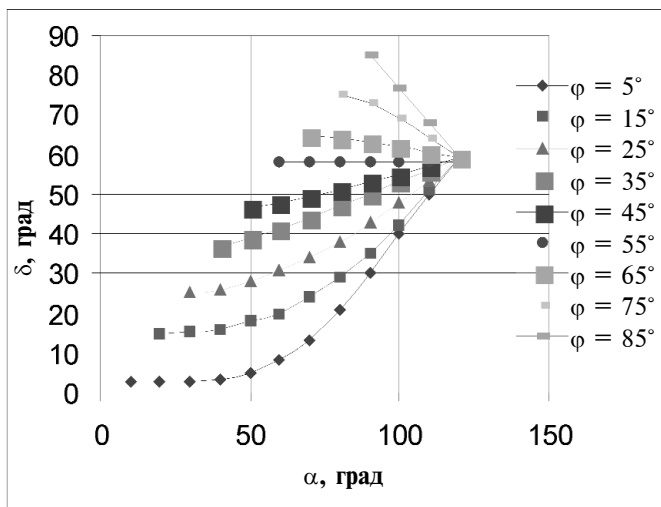


Рис. 1. Графічна інтерпретація рівняння (1)

Як випливає з рис. 1, управління двигуном в функції кута не забезпечить точної підтримки кута, а, отже, і коефіцієнта потужності АД. Відзначимо, що змінна стану АТ недоступна для безпосереднього вимірювання. Для вирішення завдання управління в цьому випадку доцільно використовувати ідентифікатор стану (спостерігач), який може на підставі рівняння (1) відновлювати змінну за результатами вимірювань і. Однак в реальному масштабі часу визначити в процесі управління кут по (1) не представляється можливим через велику часу обчислення.

Для скорочення часу розрахунку кута спростимо формулу (1) і відповідно перебудуємо графік залежності $\varphi_3 = f(\delta)$ за умови $\alpha = const$ (рис. 2).

Видно, що в діапазоні $\varphi_3 = 20^\circ - 50^\circ$ цю залежність можна апроксимувати прямими, що мають різний нахил для різних значень α . Цей діапазон зміни φ_3 перекриває номінальні значення φ для всіх двигунів основного виконання.

Функція $\varphi_3 = f(\delta, \alpha)$ має особливу точку з координатами (δ_0, φ_0) , тому рівняння прямих можна записати у вигляді:

$$\varphi_3 = a_\alpha (\delta - \delta_0) + \varphi_0, \quad (2)$$

де $\varphi_0 = \delta_0 = 56,5^\circ$, a_α — коефіцієнт нахилу прямих, що залежить від кута α . Застосувавши математичні методи ідентифікації, знайдемо залежність, що зв'язує a_α і α :

$$a_\alpha = \frac{b}{\alpha_0 - \alpha} + \alpha_0, \quad (3)$$

де $\alpha = 120^\circ$ — граничний кут; $b = 44^\circ$ — коефіцієнт.

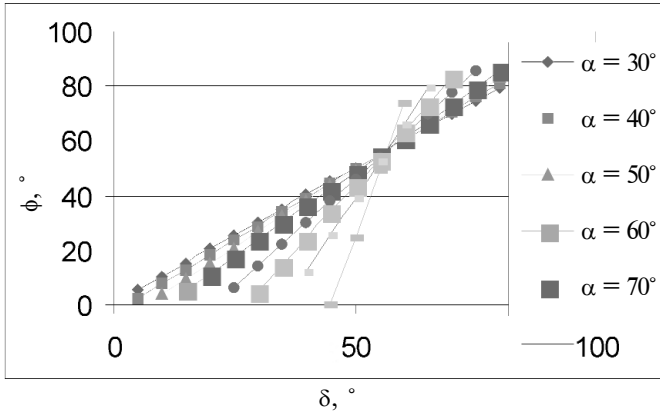


Рис. 2. Залежність за $\varphi_s = f(\delta)$ за $\alpha = const$

Отримане рівняння є для вирішення на мікроконтролері в реальному масштабі часу і дозволяє в зазначеному діапазоні значень замінити рівняння (1) з похибкою не більше ніж 1 %.

Функціональна схема електроприводу з оптимізацією коефіцієнта потужності АД на основі спостерігача приведена на рис. 3.

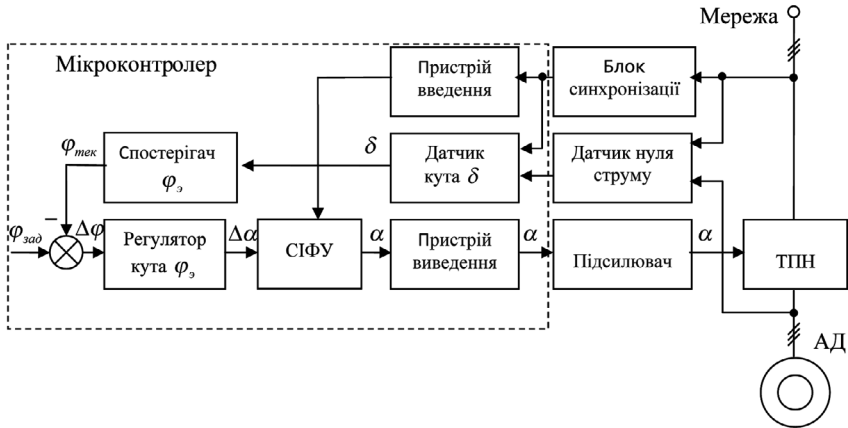


Рис. 3. Функціональна схема електроприводу з оптимізацією коефіцієнта потужності АД на основі спостерігача

Функції системи імпульсно-фазового управління (СІФУ), спостерігача і регулятора виконує мікроконтролер. Датчик кута δ реалізований на програмованому таймері, який здійснює відлік тактових імпульсів в інтервалі між переходом напруги мережі через нуль і закінченням струму в цій фазі. В результаті в таймері формується код, пропорційний куту запізнювання струму. За цим кодом мікроконтролер визначає поточне значення кута δ . Потім на основі інформації про кути α і δ по формулі (4) з використанням табличних методів обчислюється поточне значення еквівалентного фазового кута навантаження φ_3 .

Управління тиристорами здійснюється багатоканальною синхронною СІФУ. Алгоритм роботи СІФУ передбачає синхронізацію з мережею (рис. 4), формування опорних сигналів на лічильниках таймера, порівняння цих сигналів з $\alpha_{зад}$, і видачу команди на включення тиристорів в момент збігу опорного сигналу з φ_3 .

Після видачі команди на включення тиристорів мікроконтролер по коду, записаного в лічильниках датчика кута δ , визначає поточне значення кута запізнювання струму, обчислює по (4) поточне значення кута φ_3 , порівнює його із заданим і змінює $\alpha_{зад}$ так, щоб компенсувати неузгодженість між поточним і заданим значеннями кута φ_3 . Цей цикл мікроконтролер повторює шість разів за період, при розрахунку кутів включення кожного тиристора.

З метою підтвердження припущення твердження, що в асинхронному електроприводі еквівалентний фазовий кут навантаження адекватний показником виконані експериментальні дослідження режимів АД, керованого ТПН зі зворотним зв'язком по еквівалентному фазового кута навантаження. Отримані для двигуна 4АХ80А6 експериментальні залежності коефіцієнта потужності $K_M = f(M)$, $\cos\varphi_e = f(M)$, струму статора $I_{se} = f(M)$, активної потужності $P_e = f(M)$, де M — момент двигуна при номінальній напрузі живлення, наведені на рис. 5 [2, 3]. Всі величини представлені у відносних одиницях. Базовими є номінальні значення споживаної активної потужності $P_{ном}$, повного струму статора $I_{s ном}$ і моменту навантаження $M_{ном}$.

Коефіцієнт потужності K_M і $\cos\varphi_3$ в експериментальних дослідженнях вимірювалися двома способами для кожного значення моменту навантаження. При першому способі проводили вимірювання кута α і параметра β , потім по (1) розраховувалися значення φ_3 і $\cos\varphi_3$. Результати вимірювань і розрахунків відображені графіком K_M і φ_3 на рис. 5.

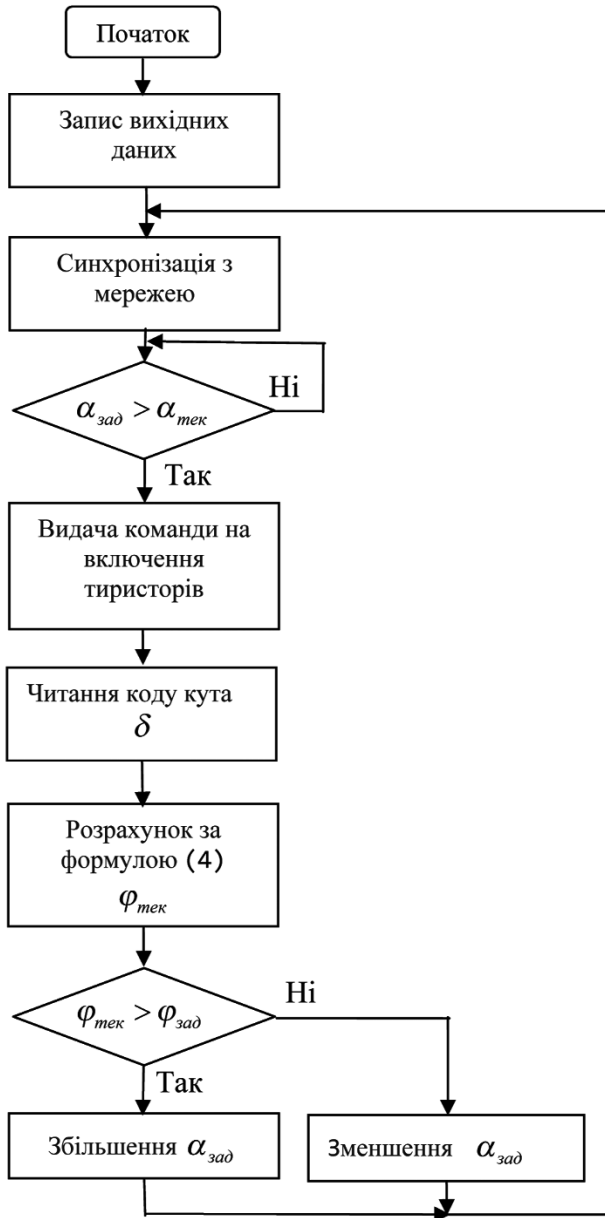


Рис. 4. Блок-схема алгоритму оптимізації коефіцієнта потужності АД

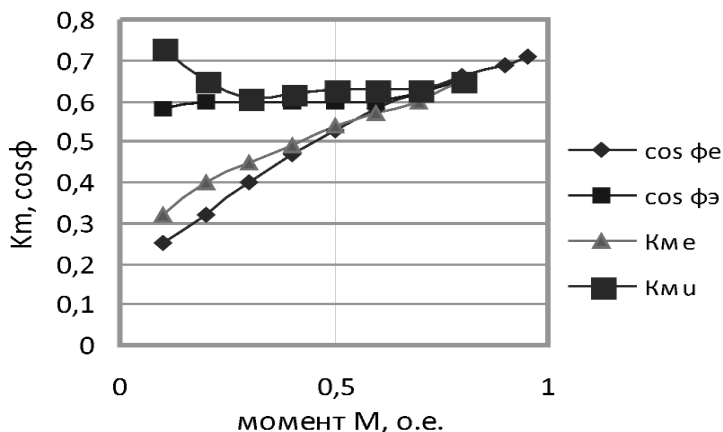


Рис. 5. Результати вимірювань і розрахунків $\cos \varphi_3$, K_{MU}

Другий спосіб використовує вимірювання потужності P , струму I_s і напруги U_s , і обчислення значення K_M . Результати вимірювань і розрахунків відображені на рис. 5 графіками $\cos \varphi_3$, K_{MU} і K_{MS} . При вимірі напруги U_s на вході АД враховано, що на обмотці двигуна, керованого ТПН, протягом напівперіоду присутній як фактичне напруга, що надходить до нього від мережі через ТПН, так і ЕРС обертання, що наводиться в обмотках статора.

Оптимальне керування дозволяє на АД даного типорозміру приблизно на 30 % знизити споживану активну потужність і вдвічі зменшити струм статора. Тут же для порівняння приведена залежність, знята експериментально при управлінні по мінімуму повного струму статора. Різниця в значеннях струмів і для одного і того ж моменту навантаження не перевищує 7 % у всьому діапазоні зміни. Значення і як при управлінні з координування, так і при управлінні по мінімуму струму практично збігаються [2].

Висновки. Справедливим є твердження, що в асинхронному електроприводі енергетичні показники визначає коефіцієнт потужності. Запропоновано метод оптимізації, який забезпечує практично постійний і незалежний від навантаження коефіцієнт потужності АД. Слід зазначити, що несинусоїдальність струму статора, яка виникає у регулюванні напруги за допомогою ТПН, призводить до додаткових втрат у АД від вищих гармонік. Це явище не дає можливості при вирішенні задачі оптимізації отримати без зниження ККД коефіцієнт, який дорівнює номінальному.

Література

1. Асинхронный электропривод с тиристорными коммутаторами / Л. П. Петров, В. А. Ладензон, М. П. Обуховский, Р. Г. Подзол. Москва: Энергия, 1970. — 128 с.

2. Халаміренко І. В. Дослідження енергетичної ефективності нерегульованих асинхронних електроприводів // Актуальні питання енергозбереження як вимога безпеки життєдіяльності // Науково-технічний збірник. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 7—8 червня 2018 р. — С. 101—107.

3. Халамиренко И. В. Регулирование коэффициента мощности асинхронного тиристорного электропривода // Електротехнічні та комп'ютерні системи, 2018. № 27 (103). — С. 144—150.

Інформація про автора: Халаміренко І. В. канд. тех. наук:
unifly@ukr.net, тел.+380504904888

ШЕВЧУК С. П., докт. техн. наук, проф.

ЗАЙЧЕНКО С. В., докт. техн. наук, проф.

ПОБИГАЙЛО В. А., канд. техн. наук, доцент

МАЙДАНЮК Р. В., бакалавр

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

СТВОРЕННЯ ІНЕРЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ШВИДКОСТІ ВНУТРІШНЬОТРУБНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ

***Анотація.** У статті розглянуто роботу принципово нової системи стабілізації швидкості внутрішньотрубних діагностичних пристроїв магістральних газових трубопроводів. Розроблена система стабілізації швидкості внутрішньотрубних діагностичних пристроїв дозволяє знизити і стабілізувати швидкість руху, що в свою чергу дозволить використати існуючі методи і засоби діагностування нафтопроводів. В основу роботи системи стабілізації швидкості внутрішньотрубного пристрою покладено інерційний принцип накопичення енергії маховика. Обмеження швидкості руху пристрою досягається наявністю наскрізних дроселюючих отворів, які дозволяють регулювати потужність потоку носія.*

***Ключові слова:** внутрішньотрубний діагностичний пристрій, система стабілізації, маховик, газовий трубопровід.*

***Abstract.** The article describes the work of a fundamentally new system for stabilizing the speed of in-line diagnostic devices of main gas pipelines. The developed system for stabilizing the speed of in-line diagnostic devices allows reducing and stabilizing the speed of movement. This system will allow the use of existing methods and tools for diagnosing oil pipelines. The inertial principle of the accumulation of flywheel energy is based on the system for stabilizing the speed of the in-line device. The speed limit of the device is achieved by the presence of through throttling holes, which allows you to adjust the power flow.*

***Keywords:** intratrumpet diagnostic device, stabilization system, flywheel, gas pipeline.*

Транспортування рідких речовин за допомогою трубопроводів є одним з найбільш розповсюджених у світі засобів їх транспортування від виробника до споживачів, особливо коли відстань між

ними є суттєвою. Згідно з Законом України «Про трубопровідний транспорт» магістральний трубопровід є технологічним комплексом, який функціонує як єдина система та до якого входить окремий трубопровід з усіма об'єктами та спорудами, які зв'язані з ним єдиним технологічним процесом, або кілька трубопроводів, якими здійснюються транзитні, міждержавні, міжрегіональні поставки продуктів транспортування споживачам. В Україні трубопровідний транспорт використовують для перекачування газу, нафтопродуктів, нафти та аміаку. Порівняно з іншими видами транспорту вони більш практичні та економічно доцільні для транспортування великих обсягів, однак мають чинники небезпеки. Зокрема, існує ризик пошкодження трубопроводів, що може призвести до екологічного забруднення значних територій навколо нього. Під час аварії на газопроводі чи нафтопроводі в атмосферу потрапляє метан та його гомологи, вуглекислий газ і пари нафти, які впливають на центральну нервову систему, органи дихання тварин і людей, окрім цього підвищується парниковий ефект.

Сучасний етап розвитку засобів діагностування геотехнічних об'єктів характеризується застосуванням останніх досягнень механіки, інформаційних технологій, електротехніки та теорії управління. Застосування таких напрямів розвитку науки та техніки у поєднанні з географією та геологією дозволило створити якісно нові напрями технічного прогресу геоінформатику (геоінформаційні системи), телеметрію свердловин, внутрішньотрубною дефектоскопією та інші. Ці системи є інтегровані комп'ютерні системи фахівців-аналітиків, що знаходяться під управлінням, які здійснюють збір, зберігання, маніпулювання, аналіз, моделювання і відображення просторово-співвіднесенні дані [1]. З причини наявності характерних ознак, таких як ІТ-технології, електронні системи, системи управління, різні типи датчиків, механічних, оптичних та інших систем збору інформації, такі системи можна класифікувати як мехатронні [1–3]. З метою створення автоматизованих систем діагностування трубопроводів виникає необхідність створення вітчизняного мехатронного внутрішньотрубного комплексу багатоцільового призначення. Основним призначенням цього комплексу є встановлення дійсного положення трубопроводів (трасування). Встановлення дійсного положення трубопроводу дозволяє встановити дефекти, пов'язані зі зміною проектного положення трубопроводу, його деформації і напруги. Подібні роботизовані геоінформаційні комплекси успішно зарекомендува-

ли себе в дослідженнях, за яких присутність людини ускладнена: діагностування нафтових трубопроводів, розвідки вулканів, свердловин, пустель, морського дна, нафто-, газосховищ та інших.

Основною проблемою використання існуючих методів і засобів діагностування для газових трубопроводів є різна швидкість, пружність і питома потужність руху потоку носія (нафти і газу). Так для нафтопроводів швидкість потоку становить 2,5—3,5 м/с при питомій потужності потоку $3,1—6,1 \cdot 10^3$ Дж/м³, в той час як для газу швидкість складає до 25 м/с при питомій потужності потоку $3,1 \cdot 10^4$ Дж/м³. Така суттєва різниця параметрів потоку носія у випадку використання поршневого приводу внутрішньотрубних діагностичних пристроїв призведе до суттєвого підвищення швидкості руху. Також зустріч з можливими перешкодами (зварні шви, закруглення, повороти та інше) через високу стислість газів порівняно з рідинами призведе до зупинки пристрою з підвищенням тиску і накопиченням енергії стиснених газів. Підвищення тиску та накопичення енергії стиснених газів призведе до акумулятивного ефекту з подальшим вивільненням енергії у вигляді розгону пристрою до швидкості значно вищої швидкості потоку носія. Рух з високими швидкостями призведе до руйнування як елементів ущільнення, так і діагностичних блоків. Використання методів і засобів діагностування нафтових трубопроводів також накладає обмеження швидкості зі сторони діагностичного обладнання і складає в межах 1—2 м/с.

Метою даного дослідження є розробка і обґрунтування параметрів системи стабілізації швидкості поршневих внутрішньотрубних діагностичних пристроїв газових трубопроводів.

Для рішення даної проблеми розроблено систему стабілізації швидкості поршневих внутрішньотрубних пристроїв газових трубопроводів (рис. 1), яка використовує інерційний принцип накопичення енергії маховика. Основними елементами системи стабілізації є рама 1, на яку встановлено передній 2 і задній 3 маховики, колеса приводу 4 і 5, які притиснуті до поверхні труби парою пружин 6, 7. Кінематичний зв'язок між колесами приводу 4, 5 і переднім і заднім 2, 3 маховиками виконано за допомогою ланцюгового приводу. Також на раму 1 встановлено ущільнюючі і підтримуючі манжети 8, 9 з дроселюючими отворами 10, 11.

Процес руху пристрою проходить під дією різниці тисків, які виникають внаслідок опору спричиненим тертям F_{fr} манжет по поверхні стінок труби. Сила тертя пропорційна масі внутрішньот-

рубного діагностичного пристрою m , початковим контактним тискам p між манжетами і поверхнею стінок труби S і тертю коченню колеса приводу.

$$F_{fr} = fm + pS + kF, \quad (1)$$

де f — коефіцієнт тертя матеріалу манжет і сталі; k — коефіцієнт тертя кочення коліс приводу; F — сила притискання коліс приводу і пружини.

Своєю чергою сила F_{gas} , яка виникає від дії перепаду тисків газів:

$$F_{gas} = \frac{\pi D^2}{4} \Delta P (P_2 - P_1), \quad (2)$$

де D — внутрішній діаметр трубопроводу; ΔP — перепад тисків:

$$\Delta P = P_2 - P_1, \quad (3)$$

де P_1 і P_2 — тиск газів перед і позаду діагностичного пристрою.

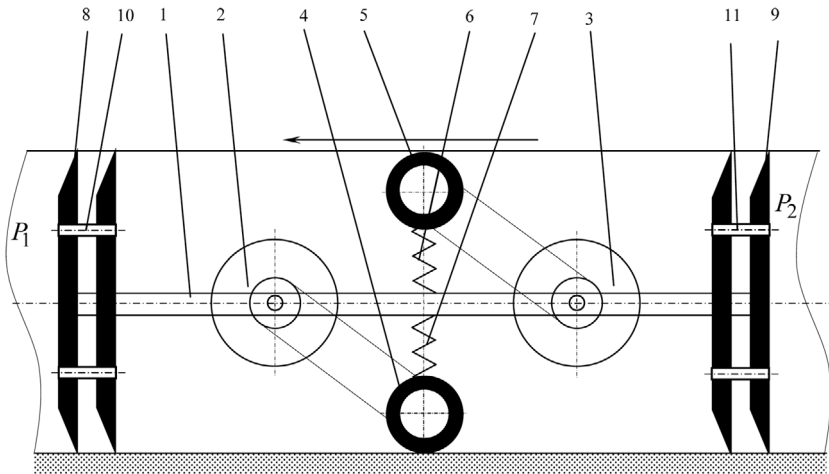


Рис. 1. Кінематична схема системи стабілізації швидкості поршневих внутрішньотрубних діагностичних пристроїв газових трубопроводів (діагностичне обладнання не зображено)

Для забезпечення необхідного перепаду тиску ΔP ущільнюючі і підтримуючі манжети мають дроселюючі отвори певного діаметру d . Необхідний діаметр дроселюючих отворів можливо встановити з відомої залежності протікання газу через отвір:

$$Q = \alpha F \sqrt{\frac{2}{\rho}} \Delta P, \quad (4)$$

де Q — об'ємні витрати газу; α — коефіцієнт витрати; F — площа перетину отворів; ρ — густина газу; ΔP — різниця тисків.

Особливістю запропонованого пристрою є наявність інерційної системи у вигляді двох маховиків, які забезпечують рух пристрою у випадку виникнення перешкод. Основною розрахунку наведеної системи є визначення малогабаритних параметрів маховиків і притискаючих коліс, кінематичні параметри приводу.

Для подолання перешкоди довжиною L і опір F_{let} діагностичний пристрій повинен мати необхідний запас кінетичної енергії який складається з енергії поступового руху і енергії обертального руху частин пристрою:

$$W = W_{forw} + W_{rot} \quad (5)$$

де W_{forw} — кінетична енергія поступового руху елементів пристрою; W_{rot} — кінетична енергія обертального руху елементів пристрою.

Енергія поступального руху елементів пристрою:

$$W_{forw} = \frac{mv^2}{2}, \quad (6)$$

де v — швидкість пристрою.

Енергія обертального руху елементів пристрою:

$$W_{rot} = \sum_{i=1}^n \frac{J_i \omega_i^2}{2}, \quad (7)$$

де J_i — момент інерції i -го елемента системи; ω_i — кутова швидкість i -го елемента системи; n — кількість елементів системи.

При розгляді кінематичної схеми можливо виділити головних чотири елемента системи, які обертаються: передній і задній маховик і колеса приводу.

Кутова швидкість колеса приводу:

$$\omega_1 = \frac{v}{r}, \quad (8)$$

де r — радіус колеса приводу.

Кутова швидкість маховика:

$$\omega_2 = \omega_1 i = \frac{v}{r} i, \quad (9)$$

де i — передаточне відношення ланцюгової передачі.

Підставивши рівняння (6—9) у рівняння 5, отримаємо головне рівняння умови проходження перешкоди внутрішньотрубним пристроєм:

$$F_{let} L = mv^2 + \left(\frac{v}{r}\right) (J_1 + 2J_2 i^2), \quad (10)$$

де J_1 — момент інерції колеса приводу; J_2 — момент інерції маховика.

На основі запропонованої залежності розроблено приводну частину діагностичного внутрішньотрубного пристрою (рис. 2).

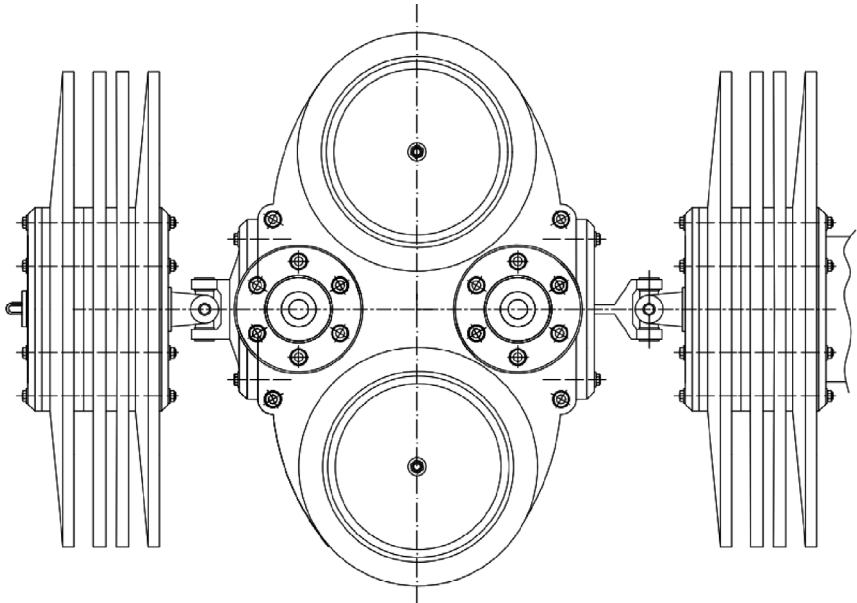


Рис. 2. Зовнішній вид приводної частини діагностичного внутрішньотрубного пристрою

Розроблена система стабілізації руху внутрішньотрубних діагностичних пристроїв дозволить попередити аварійні ситуації на

газових трубопроводах за рахунок впровадження існуючих ефективних методик контролю та інспекції нафтопроводів.

Література

1. Шевчук С. П., Зайченко С. В., Стрельцова И. М. Устройство для очистки магистрального нефтепровода от асфальтосмолопарафиновых обложений. Сборник научн. трудов «Проблемы недропользования». Часть I. Россия, Санкт-Петербург, 2012. — С. 208—210.

Інформація про авторів: Шевчук С. П., докт. техн.наук, проф.
Email shevchuk@ukr.net

III. ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА У СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЕМНИХ ТА ЕНЕРГОНЕБЕЗПЕЧНИХ УМОВАХ ВИРОБНИЦТВА

УДК 338.4

КАШТАНОВ С. Ф., канд. техн. наук, доцент
ПОЛУКАРОВ Ю. О., канд. техн. наук, доцент
ПРАХОВНИК Н. А., канд. техн. наук, доцент
МІТЮК Л. О., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РЕФОРМУВАННЯ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ТА НАЦІОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАВСТВА З ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ

***Анотація.** Проаналізовано особливості реформування європейського та національного законодавства в сфері промислової безпеки з точки зору подальшої інтеграції України з країнами Європейського Союзу. Також визначено основні вимоги щодо проведення процедур нотифікації, сертифікації та маркування промислового обладнання і продукції.*

***Ключові слова:** директива, регламент, безпека, нотифікація, сертифікація, промислове обладнання.*

***Abstract.** The peculiarities of reforming the European and national legislation in the field of industrial safety from the point of view of further integration of Ukraine with the countries of the European Union are analyzed. The basic requirements for carrying out of procedures of notification, certification and marking of industrial equipment and products are defined.*

***Keywords:** directive, regulations, safety, notification, certification, industrial equipment.*

Існуючі на сьогодні в Україні тенденції щодо подальшого розвитку національної системи промислової безпеки визначаються цілями, які задекларовані у Договорі про асоціацію між Україною з однієї сторони та Європейським Союзом (ЄС) і державами членами з іншої сторони [1]. Договором про асоціацію, як і іншими відповідними нормативними документами у цій сфері [2, 3], пе-

редбачено подальшу імплементацію європейського та українського законодавства з промислової безпеки, а також корінне реформування національної системи промислової безпеки в Україні стосовно узгодження питань технічного регулювання, стандартів та оцінки відповідності промислового обладнання та продукції вимогам безпеки. Безумовно, що зробити це якісно і ефективно можливо лише за умови глибокого розуміння всіх особливостей послідовного розвитку європейського законодавства з промислової безпеки, а також існуючих особливостей його функціонування та застосування на сучасному етапі розвитку. Щонайперше це стосується таких важливих складових європейського законодавства, як процедура підтвердження відповідності промислового обладнання і продукції Директивам ЄС та Гармонізованим Стандартам EN, особливостей їх нотифікації, сертифікації та маркування, а також специфіки роботи експертних організацій, порядку допуску особливо небезпечного обладнання до експлуатації тощо.

Метою даної роботи є визначення основних особливостей реформування європейського та національного законодавства з промислової безпеки, і, в першу чергу, таких його складових, як нотифікація, сертифікація та маркування промислового обладнання і продукції.

Для кращого розуміння причин, за якими і був започаткований процес реформування, необхідно спочатку розглянути найбільш важливі етапи послідовного розвитку європейського та національного законодавств з промислової безпеки та основні особливості застосування Нового Глобального Підходу, який регламентує вимоги безпеки до окремих груп промислового обладнання.

Як свідчить європейський досвід у сфері експертної оцінки відповідності промислового обладнання та продукції, досягти необхідного рівня якості при виконанні таких робіт, і це необхідно чітко усвідомити, можливо лише у разі виконання стороною, яка здійснює подібні роботи, цілого ряду базових вимог, які визначені в стандартах ISO серії 17000 [4].

У першу чергу, це необхідність виконання роботи в сфері оцінки відповідності лише організаціями, що мають відповідну організаційну структуру та документацію, які чітко визначають її функції та відповідальність, а також наявність відповідної системи менеджменту якості, системи підготовки персоналу.

Лібералізація ринку та фактична відмова від державного регулювання у сфері експертної діяльності привели до суттєвого збіль-

шення кількості існуючих експертних організацій, які працювали в сфері оцінки відповідності та сертифікації промислового обладнання і продукції, при цьому державний контроль та нагляд за діяльністю цих експертних організацій на той час був майже відсутній. Безумовно, що все це не могло це призвести до зниження якості послуг в сфері оцінки відповідності та сертифікації промислового обладнання і продукції.

Виходом з цієї ситуації стало введення механізму саморегулювання ринку послуг у цій сфері, і в першу чергу, це стосується:

- створення на території держав ЄС професійних спілок експертних організацій, а саме асоціацій, союзів тощо, які могли би здійснювати різноманітні види діяльності в сфері оцінки відповідності та сертифікації промислового обладнання та продукції, і які були би сформовані за принципом введення єдиних загальнообов'язкових регламентів щодо їх діяльності та встановлення мінімальної кількості критеріїв щодо членства у цих спілках;

- встановлення згідно з положеннями стандартів ISO серії 17000 єдиних вимог до організацій, що здійснюють оцінку відповідності та сертифікації промислового обладнання і продукції, і які, в свою чергу, повинні бути основою для проведення акредитації даних організацій.

Таким чином, будь яка організація, яка здійснює свою діяльність у сфері оцінки відповідності та сертифікації промислового обладнання і продукції, не тільки не може стати членом вищезгаданої професійної спілки, але і не може бути допущеною до виконання будь-якого роботи у цій сфері без відповідної акредитації. Відповідно до регламенту ЄС № 765/2008 проведення акредитації в кожній з держав Європейської спільноти може бути здійснено лише єдиним національним органом з акредитації. Наявність обов'язкового підтвердження компетентності, а саме акредитації експертизи з промислової безпеки та атестації працівників з промислової безпеки є дуже важливою складовою в пакеті обов'язкових вимог до членів саморегулюючих експертних організацій.

Необхідно також відзначити, що відповідно до існуючого на даний час європейського законодавства з промислової безпеки підвищується і рівень відповідальності експертних організацій завдяки впровадженню обов'язкового страхування матеріальної (майнової) відповідальності членів експертної спілки.

Таким чином можна констатувати, що гармонізація стандартів та норм шляхом введення гармонізованих стандартів EN та взаєм-

не визнання результатів сертифікації промислового обладнання та продукції стали основою для взаємної довіри країн Європейського Союзу з промислової безпеки.

У той же час практична діяльність в цьому напрямі виявила і ряд суттєвих проблем. Наприклад, під гаслом боротьби за якість, можна легко обґрунтувати необхідність глобальної сертифікації всього виробничого обладнання та продукції. Безумовно, що практичне застосування такого підходу може привести до їх суттєвого подорожчання, оскільки в її собівартість виробник змушений закладати сертифікаційні випробування і процедури взаємного визнання сертифікатів.

Необхідно також відзначити, що практично в усіх країнах Європи усе виробниче обладнання та продукція були умовно поділені на дві великі групи: перша група — законодавчо регульована, друга — законодавчо нерегульована. При цьому держава бере на себе зобов'язання контролювати сертифікацію тільки такого виробничого обладнання та продукції (і лише тих їх параметрів), які можуть завдати шкоди здоров'ю людини і навколишньому середовищу. Сертифікація всього іншого виробничого обладнання та продукції і випробування щодо визначення сукупності їх параметрів якості є справою добровільною і здійснюється за згодою між постачальником і споживачем.

У подальшому домовленості про те, що не можна підмінити боротьбу за якість тотальною сертифікацією, призвели до створення в рамках Комісії Європейського Союзу відповідних Директив та Регламентів ЄС, які містять обов'язкові вимоги до безпеки певних груп продукції або їх параметрів. Директиви та Регламенти ЄС були включені в національні законодавства всіх країн ЄС.

Таким чином, запроваджена в країнах ЄС гармонізація стандартів та норм шляхом введення нових єдиних стандартів EN, а також введення відповідних Директив та Регламентів ЄС так званого Нового Глобального Підходу, які включені в національні законодавства всіх країн ЄС і регламентують вимоги безпеки до окремих груп промислового обладнання та продукції і їх маркування знаком CE, дозволили зробити суттєвий крок на шляху подальшого формування взаємної довіри країн ЄС у сфері ринку експертних послуг з процедур оцінки (підтвердження) відповідності та сертифікації промислового обладнання і продукції [37]. В Україні також ведеться активна робота щодо узгодження технічного регулювання, стандартів та оцінки відповідності з країнами ЄС. Так вже розроблені і набули чинності відповідні ДСТУ ISO (в то-

му числі і серії 17000) щодо оцінювання відповідності (Conformity assessment) промислового обладнання та продукції.

Згідно існуючого законодавства ЄС на виробниче обладнання та продукцію, які пройшли нотифікацію в рамках існуючих Директив та Регламентів ЄС, обов'язково повинен бути нанесений відповідний знак СЕ [4], [8]. Продаж виробничого обладнання та продукції без знака СЕ, тобто у випадку коли вони не пройшли процедуру нотифікації (оцінку відповідності вимогам безпеки в рамках Директив ЄС), в Європейському Союзі заборонена.

Слід зауважити, що Директиви та Регламенти Нового Глобального Підходу передбачають нанесення знака СЕ на продукцію (маркування СЕ) з деякими винятками, наприклад існують Директиви, що не передбачають нанесення знака СЕ. Сам процес маркування виробничого обладнання та продукції знаком СЕ складається із восьми основних етапів (див. рис. 1).

Маркування виробничого обладнання та продукції знаком СЕ свідчить про виконання вимог діючих Директив ЄС і надає право щодо присутності такого виробничого обладнання та продукції на Європейському ринку і унеможливорює введення будь-яких обмежень з боку країн-членів ЄС щодо свободи їх обертання на цьому ринку. Маркування СЕ обов'язково повинно бути нанесено на:

- новітнє виробниче обладнання та продукцію, які вироблені в країнах-членах ЄС або третіх країнах;
- будь-які продукти вторинного користування, імпортовані з держав, які не є членами ЄС;
- існуючі модифікації виробничого обладнання та продукції, які одного разу вже були марковані знаком СЕ.

Процедури оцінки відповідності [4–9] промислового обладнання та продукції вимогам Директив ЄС складають набір із восьми модулів (рис. 2). Одразу ж слід зауважити, що у семи з цих модулів (модулі: В, С, D, E, F, G і H) передбачена участь третьої сторони — відповідного нотифікованого органу, і лише в одному модулі (модуль А) — участь третьої сторони не передбачена.

У більшості розглянутих модулів згадуються незалежні організації, так звані нотифіковані органи. Функції цих органів щодо виконання в рамках модулів процедур оцінки відповідності Директивам ЄС виконують незалежні та компетентні організації, які призначаються в рамках Комісії ЄС і які вважаються нотифікованими (призначеними) органами лише після внесення їх до відповідного Бюлетеня. На практиці функції нотифікованого органу, як правило, може виконувати і орган із сертифікації.

Процес маркування знаком СЕ

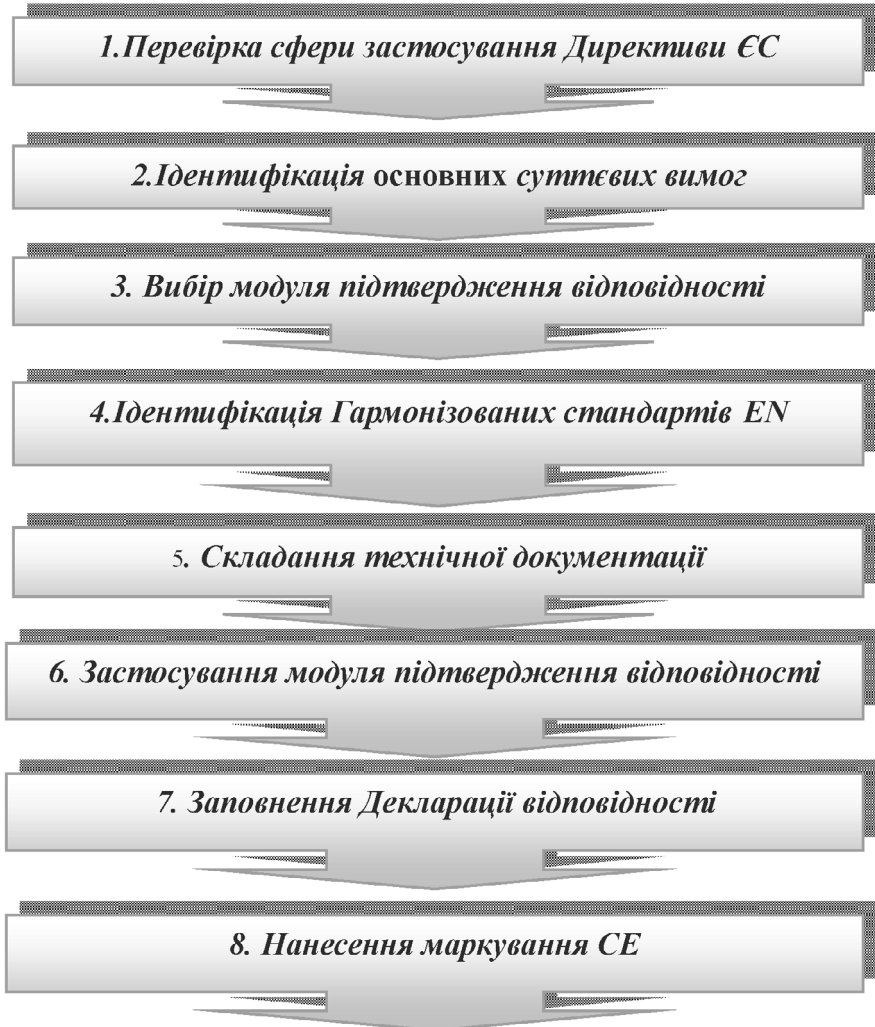


Рис. 1. Основні етапи маркування виробничого обладнання та продукції знаком СЕ

Слід підкреслити, що процедури нотифікації та сертифікації досить суттєво відрізняються одна від іншої. Основні відмінності процедур нотифікації та сертифікації приведені на рис. 3.

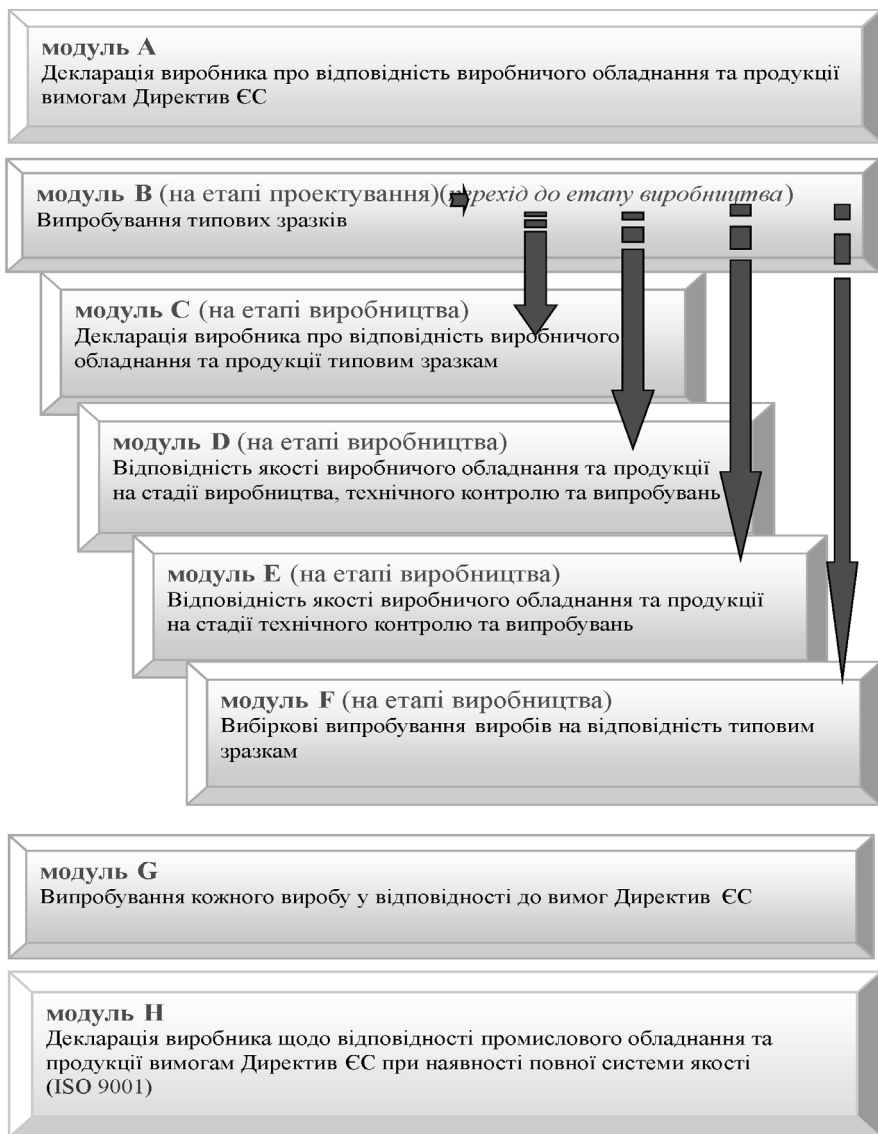


Рис. 2. Модулі процедур оцінки відповідності Директивам ЄС

У країнах Європейського Союзу запроваджені такі найважливіші елементи щодо вимог до органу з нотифікації:

- незалежність від будь-якого стороннього впливу на результати перевірок та випробувань;
- стабільність юридичної особи;
- технічна компетентність;
- професійний персонал;
- конфіденційність;
- гарантована компетентність субпідрядників;
- наявність договору гарантійного страхування;
- можливість в повному об'ємі виконувати завдання відповідної Директиви.

Мінімальні вимоги щодо постачальника продукції:

- повинен виконувати вимоги відповідних Директив ЕС;
- повинен узгодити з нотифікованим органом процедуру перевірки відповідності Директивам (вибрати відповідний модуль);
- не повинен без дозволу здійснювати маркування виробничого обладнання та продукції знаком СЕ;
- повинен стати резидентом в будь-якій із країн ЄС (мати зареєстроване представництво) або здійснювати поставки через відповідного резидента.

Враховуючі все вищенаведене, можна констатувати, що запроваджена в країнах ЄС гармонізація стандартів та норм шляхом введення нових єдиних гармонізованих стандартів EN, а також відповідних Директив та Регламентів ЄС (EU) так званого Нового Глобального Підходу до промислової безпеки, дозволили значно підвищити рівень взаємної довіри між країнами ЄС у цій сфері.

Усі ці процеси безпосередньо стосуються і нашої держави, яка послідовно продовжує проводити політику подальшої інтеграції з країнами Європейського Союзу. Так в Україні відповідно до Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [10] на основі діючих Директив та Регламентів ЄС (EU) вже розроблені і затверджені Кабінетом Міністрів України відповідні національні Технічні Регламенти з безпеки виробничого обладнання та продукції. На цей час до реєстру діючих в Україні Технічних регламентів з безпеки промислового обладнання та продукції входить вже майже 50 найменувань і ця робота продовжується.

Література

1. On approval of Technical regulation safety of machines / Cabinet of Ministers of Ukraine of January 30, 2013 № 62 (as amended according to CM number 632 (632-2013-P) on 08.28.2013).

2. Про запровадження заходів щодо стимулювання вдосконалення рівня безпеки й гігієни праці працівників на робочих місцях: Директива № 89/391/ЕС від 12.06.1989.

3. Загальна безпека продукції: Директива 2001/95/ЕС від 03.12.2001/

4. Оцінювання відповідності. Словник термінів і загальні принципи: ДСТУ ISO/ІЕС 17000:2007.

5. Загальні вимоги до органів акредитації, що акредитують органи оцінювання відповідності: ДСТУ ISO/ІЕС 17011:2005.

6. Засади сертифікації продукції: ДСТУ ISO/ІЕС Guide 67:2008.

7. Настанови щодо складання нормативних документів, придатних до використання для оцінювання відповідності: ДСТУ ISO/ІЕС 17007: 2009.

8. Загальні вимоги до знаків відповідності третьої сторони: ДСТУ ISO/ІЕС 17030:2005.

9. Порядок використання системи управління якістю організації у сертифікації продукції: ДСТУ ISO/ІЕС Guide 53:2008.

10. Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України 124-VIII від 15.01.2015.

Інформація про авторів: Полукаров Ю. О., канд. техн. наук, доцент. email: polucarov@ukr.net

ЛЕВЧЕНКО О. Г., д-р техн. наук, професор

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

ГОНЧАРОВА О. М., канд. техн. наук

ЛУК'ЯНЕНКО А. О., канд. техн. наук

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ

ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ БЕЗПЕКИ КОНТАКТНОГО СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПОРОМ

***Анотація.** Визначено джерела магнітних полів при контактному стиковому зварюванні опором та наведено результати дослідження рівнів магнітних полів у відповідності з державними санітарними нормами і правилами при роботі з джерелами електромагнітних полів ДСН 3.3.6.096-2002. З метою захисту операторів-зварників від небезпечного впливу магнітних полів розроблено захисний фартух зварника.*

***Ключові слова:** електромагнітна безпека, контактне стикове зварювання, магнітні поля, захисний фартух зварника.*

***Abstract.** In this paper, the sources of magnetic fields at contact buckling resistance are determined and the results of the study of levels of magnetic fields in accordance with the state sanitary norms and rules when working with sources of electromagnetic fields DSN 3.3.6.096-2002 are given. In order to protect the operators of welders from the dangerous effects of magnetic fields, a protective wallet apron was developed.*

***Keywords:** electromagnetic safety, contact welding, magnetic fields, protective welder apron.*

Контактне електрозварювання знаходить все більше застосування в різних галузях народного господарства України. Від ступеня його розвитку та досконалості в багатьох випадках залежить рівень технологічного прогресу в країні. Але під час експлуатації зазначеного обладнання на робочих місцях обслуговуючого персоналу можуть створюватися магнітні поля (МП) з напруженістю, що за певних умов перевищує встановлені санітарні норми при роботі з джерелами електромагнітних полів ДСН 3.3.6.096-2002 [1] в декілька разів. До такого обладнання відноситься і контактне

стикове зварювання, воно широко застосовується в металургійному виробництві та зварюванні стрічок, дротів і стрижнів (рис. 1), рейок при прокладанні залізничних колій, ланок ланцюга, ободів автомобільних коліс, труб при будованні котлів [2].

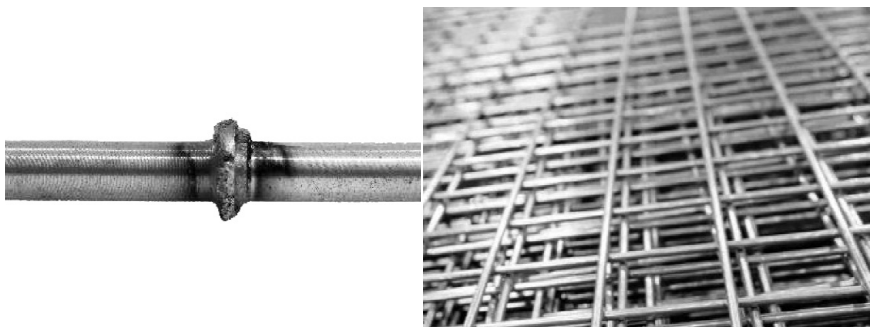


Рис. 1. Сталевий стрижень, зварений контактним стиковим зварюванням

Під час стикового зварювання опором торці деталі спочатку затискуються, а потім до них підводиться струм. Метод зварювання опором полягає в тому, що під час зварювання струм проходить через щільно зжаті торці в місці майбутнього зварювального з'єднання. У кожному елементарному об'ємі металу виділяється тепло, кількість якого по закону Джоуля-Ленца пропорційна квадрату щільності струму, питомому опору металу та часу проходження струму. Зону зварювання в більшості випадків можна розподілити на п'ять характерних ділянок: ділянка утворення зварного з'єднання — контакт між зварювальними деталями, дві ділянки контакту електродів з деталями та частини деталей, які знаходяться між зазначеними ділянками [3, 4].

Джерелами МП у стикових зварювальних машинах, призначених для зварювання стрижнів, труб та інших виробів, є частини притискувального пристрою, струмопровідні шини і частини зварювальних виробів. При стиковому зварюванні виробів замкнутої форми джерелами МП є зварні вироби, які обтікає струм шунтування, а також струмопровідні шини та притискувальні губки зварювального обладнання. МП на робочому місці при цьому визнається переважно струмами шунтування [5–7].

В Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України за участю фахівців кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки КПІ ім. Ігоря Сікорського було виконано визначення рівнів

магнітних полів при контактному стиковому зварюванні опором сталевих стрижнів діаметром 6 мм на стаціонарній машині «Schlatter» змінним струмом 50 Гц без фазового регулювання струму.

Оцінювання параметрів МП на робочому місці зварника виконувалось у такій послідовності:

- було визначено ділянки можливого знаходження працівника під час проходження зварювального струму та виділено точки, максимально наближені до джерел живлення МП;
- виміряно напруженість МП у виділених точках;
- визначено часові характеристики дії МП.

На основі розроблених в ІЕЗ ім. Є. О. Патона методик з дослідження рівнів МП для різних способів зварювання [8], з урахуванням санітарних норм і правил при роботі з джерелами електромагнітних полів ДСН 3.3.6.096-2002, для вимірювання напруженості МП при контактному стиковому зварюванні використовували такі прилади:

- індукційний датчик магнітного поля ДПМ-1;
- вимірювач індукції магнітного поля ГФИ-1 (датчик Холла);
- осцилограф цифровий запам'ятовуючий ТДС-1002 з функцією ШПФ.

Нелінійність амплітудно-частотної характеристики ДПМ-1 в діапазоні частот (40—500) Гц не перевищувала $\pm 10\%$, а датчика Холла в діапазоні (0,2—2000) Гц $\pm 5\%$.

При вимірюванні напруженості магнітного поля датчик вносьється в досліджуване поле, орієнтується в просторі за максимальним значенням реєструючого приладу і закріплюється в цьому положенні в штативі для виконання необхідних спостережень та вимірювань.

Величина напруженості магнітного поля, що створюється при роботі обладнання на зазначеній відстані, не повинна перевищувати гранично допустимий рівень (ГДР), встановленого для 5-годинної експозиції.

Вимірювання параметрів МП виконувалось у режимі усереднення. Як видно із осцилограми (рис. 2), сигнали МП мають зовнішній вигляд, що нагадує синусоїдальний. Спектри мають дискретний характер, його аналіз показав, що на висоті 1,8 від підлоги та відстані від машини 0,3 м напруженість магнітного поля в усіх частотних діапазонах (0—5, 5—50, 50—1000, 1000—2000) Гц не перевищує ГДР. А на висоті 1 м від підлоги та відстані 0,3 м від

зварювального стику (0,4 м від зварювальної машини, робоча зона) спостерігались максимальні амплітудні значення МП в усіх частотних діапазонах. Виходячи з цього, розрахунковий допустимий час роботи оператора-зварника буде становити 1,9 години.

Звичайно ж, що при збільшенні діаметра (площі) зварювальних деталей, наприклад до 1000 мм^2 , зварювання на жорстких режимах та фазовому регулюванні в процесі зварювання в результаті збільшення зварювального струму та розширення його спектра отриманий результат може погіршитись.

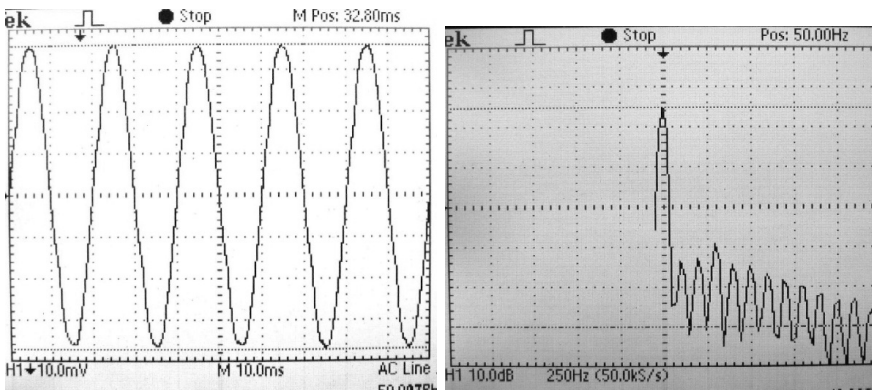


Рис. 2. Осцилограма та спектрограма напруженості МП в робочій зоні зварника при контактному стиковому зварюванні прутків діаметром 6 мм (час протікання струму — 2,6 с)

З метою захисту операторів-зварників від небезпечного впливу магнітних полів в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України було розроблено та виготовлено функціональний зразок захисного фартуха зварника (рис. 3) [9] для роботи на стаціонарних машинах контактного зварювання.

Даний захисний фартух зварника складається з магнітом, яких стрічок аморфних сплавів на основі кобальту CoFeCrSi . За достатньої механічної функціональності фартух забезпечує необхідний рівень захисту зварника в ближній робочій зоні. Його можна використовувати як еластичний незамкнутий екран в магнітному полі з середньою напруженістю до 1000 А/м у частотному діапазоні $50\text{—}1000 \text{ Гц}$. Ефективність зменшення рівнів магнітних полів одношаровим екраном складає 14 раз, двошаровим 26 раз.

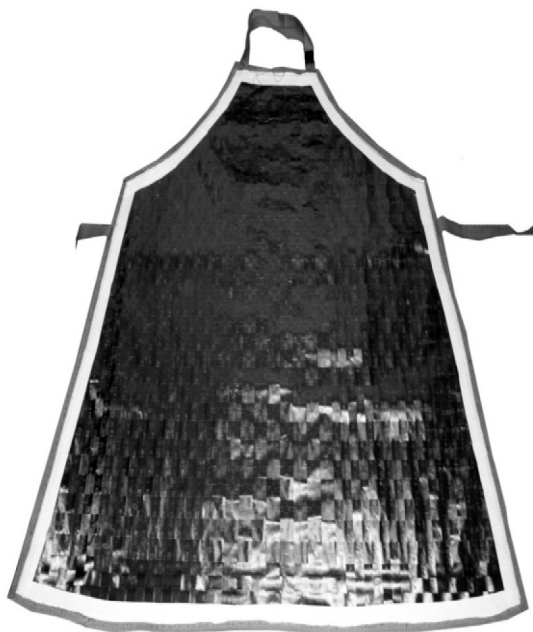


Рис. 3. Дослідний зразок захисного фартуха зварника на основі аморфного кобальтового сплаву CoFeCrSiB (вид зі зворотного боку без підкладки)

Даний засіб індивідуального захисту (ЗІЗ) від МП одягається як звичайний фартух, щільно облягаючи передню та бокові частини тіла зварника, та захищає коліна. Вага захисного фартуха — 0,6 кг. Він достатньо еластичний, легкий та придатний до широкого вжитку, термін його використання — не менше, ніж у спецодягу. Після відповідного випробування як ЗІЗ він може використовуватись персоналом, що обслуговує машини контактного зварювання, в комплекті зі звичайним спецодягом та захисними окулярами, забезпечуючи надійний захист операторів від надмірної дії МП.

Проведено дослідження залежностей рівня МП в робочій зоні від відстані до електродів машини контактного зварювання МТ-2202 при захисному екрануванні тіла зварника експериментальним еластичним фартухом. Отримані результати показали, що ефективність екранування на різних відстанях від електродів зварювальної машини в залежності від напруженості МП, форми його сигналу та конструкції екрана (кількості шарів) значно змінюється. Так, на

стандартному режимі зварювання (однопачковий сигнал МП з 10-ти синусоїдальних імпульсів частотою 50 Гц на першому ступені регулювання зварювального трансформатора) на відстані 200 та 300 мм ефективність екранування становить 1,2 та 3,6 разів, відповідно.

При зварюванні однією пачкою струму з 10-ти імпульсів зі зрізаними внаслідок фазового регулювання нагрівання передніми фронтами ($\alpha = 45^\circ$) ефективність екранування різко збільшується і для відстаней 200 та 230 мм відповідно складає 4,4 та 12,5 разів і вже з відстані 230 мм не перевищує регламентованих значень рівня магнітного поля (одношаровий екран). Зі збільшенням потужностей режимів зварювання ефективність екранування знижується, але суттєвим резервом її підвищення в цьому випадку є можливість збільшення кількості шарів екрануючого матеріалу (з 1-го до 3-х).

Таким чином, забезпечення електромагнітної безпеки операторів контактного стикового зварювання опором можна досягти впровадженням комплексної системи захисту, яка включатиме захист часом і відстанню, а також використанням екрануючого фарту зварника.

Література

1. ДСН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. Вид. офіц. Київ: МОЗ. 2002. — 16 с.
2. Глебов Л. В., Филиппов Ю. И., Чулошников П. Л. Установка и эксплуатация машин контактной сварки. Л.: Энергия, 1973. — 165 с.
3. Орлов Б. Д., Чакалеев А. А., Дмитриев Ю. В. Технология и оборудование контактной сварки. М.: Машиностроение, 1986. — 352 с.
4. Орлов Б. Д., Дмитриев Ю. В., Чакалеев А. А. Технология и оборудование контактной сварки. М.: Машиностроение, 1975. — 536 с.
5. Левченко О. Г., Левчук В. К., Гончарова О. М. Методичні рекомендації: захист від електромагнітного випромінювання під час контактної зварювання. Київ: ІЕЗ ім. Є. О. Патона, 2011. — 38 с.
6. Максименко Н. В., Максименко З. И. Электромагнитная безопасность при различных видах контактной сварки // Сварочное производство. 1994. № 8. — С. 31—32.

7. Чулошников Л. П., Чакалев А. А. Исследование напряженности магнитных полей при контактной сварке. Электротехническая промышленность. 1980. № 60. — С. 5—6.

8. Гончарова О. М. Методи забезпечення електромагнітної безпеки операторів машин контактної точкового електрозварювання: дис. ... кан. тех. наук: спец. 05.26.01 Охорона праці, Київ, 2014. — 145 с.

9. Пат. України 50293. Фартух електрозварника. Лобанов Л. М., Левченко О. Г., Левчук В. К., Тимошенко О. М., Потапенко Г. Д. Бюл. № 10. Опубл. 25.05.2010.

Інформація про авторів: Левченко О. Г., д-р техн. наук, проф., email levchenko@ukr.net

МАКСИМОВ А. В., викладач

СТРІЛЕЦЬ В. М., д-р техн. наук, доцент

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЕВАКУАЦІЇ ПОТЕРПІЛИХ З БАГАТОПОВЕРХОВИХ ТА ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

***Анотація.** Визначено, що існує протиріччя між вимогами керівних документів, які не розглядають під час пожеж багатопверхових та висотних будівель особливості евакуації потерпілих без тямі вздовж зовнішніх стінок споруд, та практикою таких дій у пожежно-рятувальних підрозділах. Відмічено, що на цей час вже є пристрої, які дозволяють проводити такий вид аварійно-рятувальних робіт. На прикладі нош рятувальних вогнезахисних проведено порівняльний аналіз рятування потерпілих без тямі різними способами. Показано, що ці особливості повинні бути врахованими під час коригування рекомендацій щодо забезпечення безпеки як потерпілого, так і рятувальників.*

***Ключові слова:** потерпілий, порятунок, багатопверхові будівлі, ноші рятувальні вогнезахисні, розподіл часу виконання, статистичний аналіз, безпека.*

***Abstract.** It has been determined that there is a contradiction between the requirements of the guideline documents that are not considered during the fires of multistory and high-rise buildings, especially the evacuation of victims without the perception along the walls of the buildings, and the practice of such actions in the fire and rescue units. It is noted that at this time already there are devices that allow to carry out such kind of emergency rescue works. For example, a rescue flame retardant has carried out a comparative analysis of the rescue of victims without any intimidation. It has been shown that these peculiarities should be taken into account when adjusting the safety recommendations of both the victim and the rescuers.*

***Keywords:** tank truck, operational deployment, distribution time of execution, statistical analysis, fire brigade victim, salvage, multistory buildings, rescue fire protection sleeves, time distribution, statistical analysis, safety.*

Широке використання під час забудови сучасних місць будівель підвищеної поверховості суттєво ускладнило пожежно-ряту-

вальним підрозділам проведення аварійно-рятувальних робіт. Особливо це стосується проведення рятувальних операцій по евакуації потерпілих, які не можуть рухатись самостійно, у тому разі вздовж зовнішніх стінок багатоповерхової будівлі.

Аналіз останніх досягнень і публікацій показав, що у провідних країнах світу питанням рятування людей під час пожежі в багатоповерхових та висотних будівлях приділяється достатньо багато уваги. Так, в США особливості дій рятувальників під час таких пожеж докладно розглянуті в Технічному звіті TR-082 [1], проте там основна увага приділяється експлуатаційним аспектам висотного пожежогасіння. З урахуванням цього в [2, 3] розглядаються питання навчання евакуації як ключового фактору виживання. При цьому в [4] відмічено, що планування евакуації потерпілих з багатоповерхових будівель, навіть за повного дотримання будівельних норм, суттєво ускладнюється наявністю людського фактору у потерпілих, який виступає навіть проти самих передових технологій.

Це підтверджується і результатами пожежних розслідувань відповідним департаментом NFPA. Наприклад, негативні наслідки пожежі в багатоповерховій офісній будівлі Five Fatality були обумовлені [5], серед іншого, помилками в діях пожежних. В той же час, аналіз [6] аварійно-рятувальних робіт під час гасіння пожежі висотної жилої будівлі у Північному Йорку 6.01.1995 р. показав, що уникненню загиблих сприяли, в першу чергу, дії першого пожежного підрозділу. З урахуванням дій пожежних Нью-Йорка під час подій 11.09.2001 р. на 605 сесії Конференції по професійному розвитку інженерів з безпеки [7] було відмічено особливе місце дій пожежних першого рятувального підрозділу, які зумовлені як їх оснащенням, яке повинно відповідати місцевим особливостям, так і рівнем підготовленості. В узагальненому вигляді це наведено в стандарті NFPA 1500-2002 [8, 9], а також стандартах OSHA 1910.120 [10] та OSHA 1910.156 [11], які уточнюють, що персонал, який приймає участь в проведенні аварійно-рятувальних робіт, повинен пройти спеціальну підготовку до кваліфікованого застосування специфічного для конкретної професійної пожежної станції аварійно-рятувального обладнання [12]. Проте особливості забезпечення безпеки як потерпілих без тям, так і самих рятувальників під час проведення аварійно-рятувальних робіт з багатоповерхових та висотних будівель не визначені.

Такі питання розглядалися в [13], де були розкриті закономірності дій газодимозахисників під час проведення аварійно-ряту-

вальних робіт всередині багатопверхових будівель. Але і тут, які в [14], де розглядаються стаціонарні пожежні рятувальні пристрої, або [15], де розглядаються мобільні пожежні рятувальні пристрої, особливості евакуації потерпілих, які не можуть рухатись самостійно, вздовж зовнішніх стінок багатопверхової будівлі не визначались. Хоча в [16] представлені ноші рятувальні вогнезахисні (НРВ), які дозволяють її розв'язати, проте за допомогою цих нош рятування можна здійснити по різному.

У зв'язку з цим необхідно було визначити особливості забезпечення безпеки як рятувальників, так і безпосередньо потерпілих під час проведення аварійно-рятувальних та в випадку надзвичайних ситуацій із багатопверховими та висотними будівлями.

Для досягнення цієї мети були проведені експериментальні дослідження в пожежно-рятувальних підрозділах. Спочатку особовий склад виконував рятування постраждалого в НРВ з 4-го поверху різними способами: 1) спуск постраждалого, який знаходиться в ношах у горизонтальному стані (див. фотографія 1); 2) спуск постраждалого, який знаходиться в ношах у вертикальному стані (див. фотографія 2); 3) спуск постраждалого, який знаходиться в ношах у горизонтальному стані, у супроводі рятувальника (див. фотографія 3).



Фотографія 1.
**Спуск постраждалого,
який знаходиться
в НРВ
у горизонтальному
стані**



Фотографія 2.
**Спуск постраждалого,
який знаходиться в НРВ
у вертикальному стані**



Фотографія 3.
**Спуск постраждалого
у супроводі
рятувальника**

Статистичний аналіз рятування потерпілих за допомогою нош рятувальних вогнезахисних, які передбачається поставити на

озброєння в пожежно-рятувальні підрозділи ДСНС України, показав, що розподіл часу проведення типових аварійно-рятувальних робіт з рівнем значимості $\alpha = 0,05$ є нормальним.

Наявність оцінок математичних очікувань і середньоквадратичних відхилень часу рятування різними способами потерпілого без тьми за допомогою НРВ дозволило виконати перевірку того, наскільки значимо різняться середні значення (рис. 1), отримані по незалежних вибірках дослідження, використовуючи t-критерій Стьюдента [19].

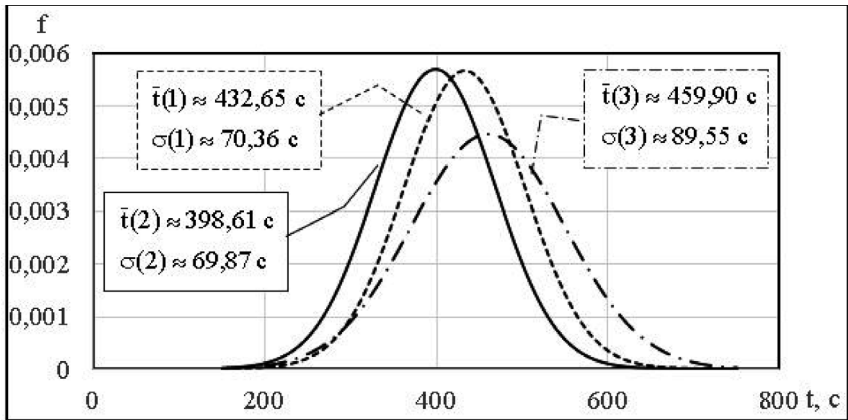


Рис. 1. Розподіли часу рятування потерпілого без тьми за допомогою нош рятувальних вогнезахисних різними способами (1 — потерпілий знаходиться в горизонтальному стані; 2 — у вертикальному; 3 — потерпілого супроводжує рятувальник)

Показано, що при рівні значимості $\alpha = 0,05$ результати, отримані під час рятування потерпілих за допомогою НРВ різними способами можна вважати рівними. Це дозволяє розширити можливості командира оперативного розрахунку щодо самостійного вибору того варіанту рятувальних робіт, який не тільки відповідає його індивідуальним здібностям, але й забезпечує можливість високого рівня безпеки потерпілого, якого необхідно евакуювати. В першу чергу це стосується спуску потерпілого у супроводі рятувальником.

Крім цього розглядався випадок, коли газодимозахисники (рятувальники в ізолюючих апаратах) виконували екстремально-насичену операцію — страхування потерпілого в тямі перед його спус-

ком вздовж зовнішньої стінки багатоповерхової будівлі за допомогою рятувального ланцюга.

Характерною особливістю розподілу часу виконання цієї психологічно насиченої операції (рис. 2) добре підготовленими рятувальниками є наявність двох вершин.

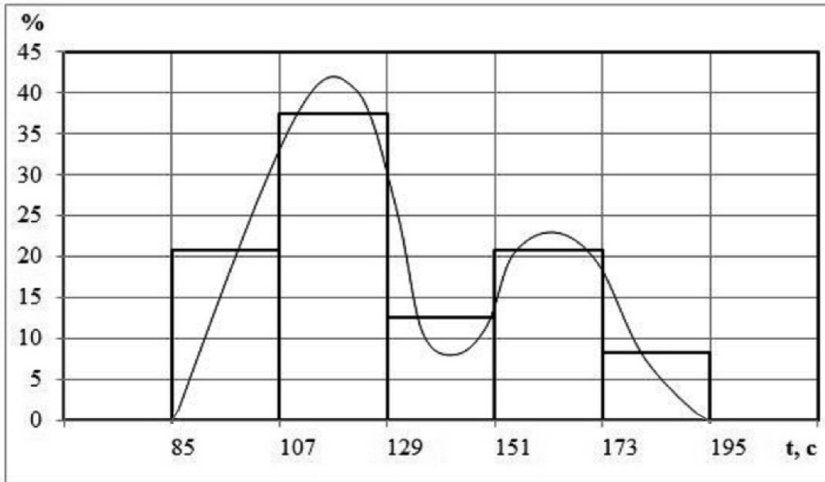


Рис. 2. Гістограма розподілу часу страхування потерпілого в тямі за допомогою рятувального ланцюга добре підготовленими рятувальниками перед спуском вздовж зовнішньої стінки багатоповерхової будівлі

Аналіз отриманих результатів показав, що у деяких рятувальників (близько 10–20 %) нестандартна екстремальна ситуація різко погіршує результати виконання навіть добре відпрацьованих в процесі виконання спеціальних тактичних прийомів, пов'язаних з безпекою потерпілих в тямі, не кажучи вже про ті операції, порядок виконання яких необхідно буде обирати самостійно, виходячи з конкретної обстановки.

Література

1. Bush, Reade and J. Gordon Routley. Operational Considerations for High-rise Firefighting. Emmitsburg, Md.: US Fire Administration Technical Report Series TR-082.
2. Shin, Paul H. B. «Evacuation Training Called a Key Factor in Survival.» New York Daily News. September 20, 2001. Режим доступу: http://www.nydailynews.com/archives/news/2001/09/20/2001-09-20_evacuation_training_called_a.html

3. Dunn, Vincent. «Dunn's Dispatch: Deadly Elevators» Fire Engineering, December 2007.

4. Jennings, Charles. «High-Rise Office Building Evacuation Planning: Human Factors versus «Cutting Edge» Technologies.» Journal of Applied Fire Science, Vol. 4, no. 4. Reprinted in DeCicco, Paul. Ed. Evacuation from Fires. (Applied Fire Science in Transition Series, volume 2). Amityville, N.Y.: Baywood Press, 2001.

5. Jennings, Charles. «Five Fatality High-rise Office Building Fire — Atlanta, GA. Report 033 in United States Fire Administration Technical Report Series, 1989.

6. Fire Investigation Summary: North York Residential High-Rise January 6, 1995. NFPA Fire Investigations Department.

7. DeVries, David. «Chicago Office High-Rise Fire: Lessons Learned» American Society of Safety Engineers 2005 Professional Development Conference, Session 605.

8. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. 2002 Edition. Режим доступа: <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>

9. Subburajah J. OSHA's Interpretation for Fire Emergency Planning. Режим доступа: <https://www.linkedin.com/pulse/oshas-interpretation-fire-emergency-planning-subburajah-j>

10. OSHA 1910.120 Hazardous waste operations and emergency response. Режим доступа: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owares.do_search?p_doc_type=STANDARDS&p_search_str=1910.120

11. OSHA 1910.156 Fire brigades. Режим доступа: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9810

12. NFPA 1033: Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator. Режим доступа: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=1033>

13. Kovalyov P. A. Analysis execution emergency-rescue work firefighters in special protective masks on a height / P. A. Kovalyov, A. M. Maximov, V. M. Strelec // Проблеми надзвичайних ситуацій. — 2017. — № 26. — С.

14. Todoseychuk S. Technology and the results of field testing of rescuing people from a height / S. Todoseychuk, Y. Onishenko, A. Archenko // Civil Security Technology — vol. 11, 2014. — No. 1 (39) — Pp. 42—45.

15. Кашевник Б. Л. Опыт ведения спасательных работ в многоэтажных зданиях при чрезвычайных ситуациях / Б. Л. Кашевник // Пожаровзрывобезопасность. — 2003. — № 4 — С. 33—36.

16. Пат. 125165 України, МПК А61G 1/00 (2018.01). Ноші рятувальні / Ковальов П. А., Пономаренко Р. В., Бородич П. Ю., Ковальов О. О., Максимов А. В., Мінков В. О., Чабанов В. О.; заявник і патентовласник НУЦЗУ. № и 2018 00158; заявл. 03.01.18; опубл. 25.04.18, Бюл. № 8. — 5 с.

Інформація про авторів: Стрілець В. М., д-р техн. наук, доцент
email:strelets@ukr.net

НЕСТЕР А. А., канд. техн. наук, доцент

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

МІТЮК Л. О., канд. техн. наук, доцент

ЗАЦАРНИЙ В. В., канд. техн. наук, доцент

ЛУЦ Т. Е., ст. викладач

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

ПРОБЛЕМИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ З ГАЛЬВАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ

***Анотація.** Розглянуто питання утворення відходів гальванічного виробництва на території України та питання охорони праці, гігієни під час утилізації і переробки. Запропоновано окремі заходи для покращення здоров'я працюючих та унеможливлення надзвичайних ситуацій.*

***Ключові слова:** відходи, забруднення, утилізація, навколишнє середовище, техногенний прес, токсичні відходи.*

***Abstract.** The issues of generation of waste products of galvanic production in the territory of Ukraine and the issues of labor protection, hygiene during recycling and processing are considered. Individual measures are proposed for improving the health of workers and eliminating emergency situations.*

***Keywords:** wastes, contaminations, utilization, environment, technogenic press, toxic wastes.*

Навколишнє середовище вважається безпечним, коли його стан відповідає встановленим у законодавстві критеріям, стандартам, лімітам і нормативам, які стосуються його чистоти (не забруднення), ресурсовмісткості, екологічної стійкості, санітарним вимогам, здатності задовольняти інтереси громадян.

Проблема утилізації відходів промислового і побутового походження, стан охорони праці в цій царині при переробці певної частини вторинної сировини набуває в даний час все більш гострого характеру у зв'язку з тим, що обсяги генерування відходів постійно зростають, тоді як темпи їх переробки незрівнянно малі. В результаті донині накопичено сотні мільйонів тонн різних твердих відходів, які необхідно переробляти і знешкоджувати. Одним із видів таких відходів є гальванічні шлами — токсичні відходи, токсичність

яких залежить від технології гальванічного процесу та технології очищення стічних вод. До складу гальванічних шламів входять сполуки заліза, важких металів, хром, мідь, свинець, кадмій та ін. Зберігання таких відходів на територіях підприємств може привести до невідворотного забруднення навколишнього середовища. Масштаби щорічного продукування і накопичення твердих відходів вимагають створення потужних переробних установок продуктивністю, яка вимірюється мільйонами тонн в рік з їх промисловим освоєнням. А це означає зростання проблем, пов'язаних з охороною праці при утилізації відходів гальванічного виробництва.

Аналіз стану питання. З великого обсягу промислових викидів, що потрапляють у навколишнє середовище, на машинобудування припадає лише незначна його частина — 1—2 %. У цей обсяг входять і викиди підприємств зайнятих випуском електронної продукції, окремих підприємств, що є значною складовою частиною машинобудівного комплексу [1]. Загальний техногенний прес в Україні можна побачити у табл. 1.

Кількість відходів, як видно з таблиці 1, є значною і вимагає конкретних рішень щодо їх зменшення за рахунок утилізації або повторного використання.

Таблиця 1

Техногенний прес в Україні

Параметри	Викиди забруднюючих речовин в атмосферу, тис. т				
	2011 р.	2012 р.	2013 р.	*2014 р.	*2015 р.
	6877	6821	6719	5346	4521
Водопостачання та водовідведення в Україні, млн. м ³					
Забрано води	14651	14651	13625	11505	9699
Скиди води в т. ч. забруднених	7725	7788	7440	6354	5334
	1612	1521	1717	923	875
Утворення відходів, тис. т					
Всіх відходів в т. ч. відходи I—III класів небезпеки	447641,2	450726,	448117,6	355000,4	312267,6
	1434,5	1368,1	919,1	739,7	587,3
Накопичення відходів	14422372,1	14910104,7	15167368	12205388	12505915
Примітка. *Інформація за 2014 та 2015 рр. наведена без урахування тимчасово окупованих територій Автономної Республіки Крим і міста Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції.					

Мета. Метою статті є визначення проблем, пов'язаних з накопиченням відходів та розроблення комплексу заходів безпеки під час складування та утилізації.

Методики, матеріали і результати досліджень. Рівень забруднення навколишнього середовища в районах гальванічних і фарбувальних цехів які є найбільшими джерелами екологічної небезпеки, настільки суттєвий, що ці цеха можна віднести до числа основних забруднювачів. Тому машинобудівний комплекс в цілому є потенційним забруднювачем навколишнього середовища: повітряного простору, поверхневих водних джерел, ґрунту [2]. Однак на машинобудівних підприємствах є основні цехи, що забезпечують технологічні процеси виробництва з дуже високим рівнем забруднення навколишнього середовища. До них відносяться: цехи, які використовують процеси спалювання палива, серед яких сушка деталей та виробів після покриття в сушильних приміщеннях з використанням в якості палива природного газу, ливарне виробництво. Рівень забруднення повітря при подібних процесах вимагає проведення та забезпечення достатньої вентиляції. Причому найкращим методом можна назвати витяжну вентиляцію, яка сприяє своєчасному очищенню повітря всередині цих приміщень, їхньому охолодженню, чим нормалізує санітарно-гігієнічний стан повітря та дозволяє зберігати здоров'я працюючих.

Безпека атмосфери, мінімізація викидів забруднюючих речовин може бути забезпечена застосуванням методів знешкодження забруднювачів, використанням безвідходних технологій, а також розбудовою сучасних очисних споруд. Проблемою світового масштабу є охорона навколишнього середовища від забруднення токсичними промисловими відходами. До таких відносяться ті з них, які при прямому чи опосередкованому контакті з організмом людини здатні надавати прямий чи віддалений токсичний вплив або ж вплинути на умови проживання людей і навколишнє середовище. Це пояснюється тим, що промислові відходи, будучи вторинним продуктом виробництва, збагачені токсичними компонентами як органічного, так і неорганічного характеру. Тому робота з такими відходами має починатись з вивчення складу, навчання людей безпечним прийомам праці та гігієни для убезпечення від нещасних випадків та професійних захворювань.

У світовій практиці накопичено значний досвід з питань запобігання несприятливого впливу токсичних промислових відходів на навколишнє середовище. До таких заходів належать їх захо-

ронення на полігонах, а також використання в якості вторинної сировини в народному господарстві, зокрема, в будівельній індустрії. Поховання певних видів відходів на полігонах є не вигідним в економічному сенсі через заняття сільськогосподарських угідь, а також спорудження дорогих спеціальних полігонів.

Поховання відходів небезпечно і з точки зору охорони навколишнього середовища, оскільки відходи, будучи продуктами з токсичними властивостями нестабільного хімічного характеру, можуть мігрувати у повітряне середовище або ж у формі різноманітних розчинних сполук переходити у ґрунтові води, а потім асимілюватися в рослинах і потрапляти в корм тварин і в їжу людей. Більш перспективним є шлях утилізації ряду відходів у будівництво, а також їх використання в якості напівпродуктів у промисловості [3].

На цей час близько 25 % вироблених в нашій країні хімічних відходів використовується повторно. У багатьох країнах світу накопичено досвід з рециркуляції металів, які містяться у відходах, до яких, зокрема, відносяться і відходи гальванічних виробництв. Наприклад, у Німеччині повторне використання заліза досягає 38 %, олова — 34 % і цинку — 33 %; в США — міді — 43 %, у Великобританії — свинцю — 60 % і алюмінію — 33 % [2].

Однак, слід зазначити, що процеси рециркуляції металів з відходів економічно вигідні в тих випадках, коли їх концентрація досить висока, а технологія рециркуляції малоенергоємна. Гальванічні відходи, як правило, містять відносно невисокі концентрації кольорових цінних металів. Крім того, форма їх перебування у складі гальванічних відходів і близькість їх хімічних властивостей вимагають розуміння спеціальних хімічних методів виділення. Тому рециркуляція металів з гальванічних відходів є економічно не вигідним заходом. Єдиним, перспективним, який має розвиток в інших країнах способом утилізації гальванічних відходів, є їх застосування в якості добавок у різних будівельних матеріалах [3].

З одного боку, за даними вітчизняних і зарубіжних дослідників, добавки гальванічних відходів у будівельних матеріалах покращують експлуатаційно-технічні якості останніх, з іншого — не вимагають економічних витрат на заходи, спрямовані на запобігання їх несприятливого впливу на навколишнє середовище. Однак при цьому слід зазначити, що утилізація відходів гальванічних елементів в будівельні матеріали вимагає санітарно-гігієнічної оцінки як самих гальванічних відходів, так і матеріалів з їх добавками. Це пояснюється тим, що гальванічні відходи містять у

своєму складі катіони біологічно-активних металів, склад яких, залежно від виробництва, досить неоднорідний [4].

Виходячи з технологічних процесів різних гальванічних виробництв (лінії цинкування, нікелювання, хромування), основними найбільш небезпечними інгредієнтами гальванічних відходів є цинк, нікель, хром, олово, вісмут, свинець, кадмій, ртуть, залізо, мідь. У зв'язку з різноманітністю хімічних елементів, які виявляються в гальванічних відходах виробництв різних галузей промисловості (металургійна, верстатобудівна, хімічна, електронна) виникає гігієнічна проблема поводження з ними з метою попередження впливу їх агентів на навколишнє середовище та здоров'я населення.

Значні концентрації важких металів можуть викликати ішемічну хворобу серця та виступати в якості можливих хімічних канцерогенів, від їх впливу виникає бронхіальна астма, різні захворювання крові. Особливу небезпеку для здоров'я людини має свинець. Він викликає нейротоксичну дію, хронічну нефропатію, серцево-судинні захворювання, а спільний його вплив з кадмієм призводить до вроджених аномалій розвитку новонароджених дітей. Сполуки важких металів, зокрема свинцю і ртуті, навіть у відносно невеликих концентраціях викликають зміни функцій метаболізму і структури ряду органів і систем, визначають більш високий рівень захворюваності. Встановлено вплив свинцю, цинку і міді на периферичну нервову провідність. Сполуки хрому викликають екзему, прорив носової перегородки, рак шкіри, патологічні зміни в нирках. Небезпечними для здоров'я населення є і інші важкі метали, що викликають негативний вплив на організм.

Ступінь такого впливу в певній мірі залежить від фізико-хімічних властивостей цих елементів, від форми їх знаходження у складі з'єднань, концентрацій, від опірності організму до їх дії та ін. Встановлено, що сполуки міді та цинку навіть при малих концентраціях (0,001 г/л) гальмують розвиток, а при великих (більше ніж 0,004 г/л) викликають токсичну дію на водну фауну [5]. Питома вага вторинної сировини при виробництві кольорових металів в Україні постійно зростає. У перспективі вторинна сировина має стати основним джерелом отримання багатьох кольорових металів, зокрема, міді. Залучення вторинної сировини в металургійний цикл виробництва має велике економічне значення, так як дозволяє раціонально витратити не поновлювані природні ресурси, знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище, отримувати метал більш простими і дешевими способами.

Одним із ефективних способів повторного використання хромового ангідриду стало створення в НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» затверджувача для органічних в'язучих матеріалів на основі технічних лігносульфонатів. Затверджувач для органічних сполучних матеріалів на основі лігносульфонатів містить хромовий ангідрид CrO_3 і воду, а також додатково містить оксихлорид алюмінію $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ (при такому співвідношенні компонентів, % мас.: хромовий ангідрид 8—30, оксихлорид алюмінію 3—25, вода інше). Винахід відноситься до ливарного виробництва, а саме, до приготування в'язкопластичних і рідкорухомих самотверднучих сумішей з органічними сполучними матеріалами на основі технічних лігносульфонатів [6].

Враховуючи те, що важкі метали знаходяться в гальванічних відходах переважно в зв'язаному стані, такі відходи в основному відносяться до III або IV класу небезпеки. З урахуванням вищевикладеного визначається їх спосіб утилізації. Слід зазначити, що проблема поводження, в тому числі і утилізації відходів гальванічних виробництв в країні, поки що стоїть не на належному науково-технічному рівні. В одних випадках вони використовуються як добавки при виготовленні будівельних матеріалів (залізобетонні блоки і плити, цегла), в інших — вивозяться на полігони ТПВ, накопичуються в ємностях на території промислових підприємств. З нашої точки зору, найбільш раціональним шляхом їх утилізації є використання цих відходів для виготовлення будівельних матеріалів, звичайно з обов'язковим гігієнічним дослідженням їх і, особливо, будівельних матеріалів, виготовлених на їх основі.

З метою попередження можливого надходження інгредієнтів відходів гальванічних виробництв на територію підприємств і навколишнє їх середовище необхідно постійно дотримуватися санітарно-гігієнічних вимог до їх зберігання, транспортування, обробки та утилізації. Перш за все, на підприємстві має бути налагоджений точний облік накопичуваних відходів. Зберігання та транспортування їх повинно бути в спеціально підготовленому для цих цілей ємностях та транспорті. В районі розміщення таких цехів, а також у санітарно-захисній зоні, а при необхідності, і за її межами повинен постійно вестися санітарний контроль за станом ґрунту.

Висновки. Проаналізовано накопичення відходів гальванічних елементів та їх техногенний вплив на робітників різних галузей виробництва та населення в Україні. Визначені критичні ситуації, які вимагають виконання цілого комплексу заходів щодо усунен-

ня небезпеки для життя людей, забезпечення нормальної роботи по переробці відходів, що залишились від діяльності підприємств та багато інших заходів.

Література

1. Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря (1990—2015 рр.) [Електронний ресурс] / Офіційний Інтернет сайт Державної служби статистики України. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

2. Нестер А. А. Стічні води підприємств та їх очищення Монографія. / А. А. Нестер, Н. М. Корчик, Б. А. Баран — м. Хмельницький, ХНУ. 2008. — 171 с.

3. Білявський Г. О. Основи екології: підручник / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. — К. : Либідь. 2004. — 406 с.

4. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці / В. Ц. Жидецький, В. С. Джигерей, О. В. Мельников // Афіша. 2000. — С. 350.

5. Говта Н. В. Влияние экологических условий на здоровье людей // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2007. Вып. 7. — С. 189—203.

6. Сьомик А. П., Артем'єв В. В., Куриленко М. І., Рейтер Л. Г. Затверджувач для органічних сполучних матеріалів на основі лігносульфонатів. Патент № 10239. Опубліковано: 25.12.1996.

*Інформація про авторів: Мітюк Л. О., доцент, к.т.н.
email: ludmila2346@ukr.net*

ПРАХОВНИК Н. А., канд. техн. наук, доцент

БАЛАМУТ В. І., бакалавр

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

ДОЛЕНКО С. О., ст. наук. співр.

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України,
м. Київ

ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ДЕЗАКТИВАЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО УСТАТКУВАННЯ

Анотація: Розглянуто питання щодо безпечності синтетичних мийних засобів на основі поверхнево-активних речовин для здоров'я людини. Розглянуто документи, що регламентують питання безпеки використання синтетичних мийних засобів в Україні. Проаналізовано показники, які беруться до уваги під час оцінки ризику синтетичних мийних засобів, та надано рекомендації щодо їх мінімізації, які пов'язані з використанням засобів побутової хімії.

Ключові слова: синтетичні мийні засоби, поверхнево-активні речовини, безпечне застосування, показники оцінки ризику, регламентуючі документи.

Abstract: The issue of safety of detergents based on surfactants for human health was considered. The documents regulating the safety of the use of synthetic detergents in Ukraine are considered. The indicators, which are taken into account when assessing the risk of synthetic detergents, are analyzed. Recommendations for minimizing the risks associated with the use of household chemicals are given.

Keywords: detergents, surfactants, safe use, risk assessment indicators, regulatory documents.

Вступ. Синтетичні мийні засоби (СМЗ) є товарами першої необхідності, їх ринок характеризується високим ступенем товарного насичення і високою конкуренцією. Зростання виробництва СМЗ зумовлено зростаючими потребами в цих препаратах багатьох галузей промисловості, підвищенням обсягів використання мийних засобів. Розвитку виробництва СМЗ сприяє також поява нових вимог споживача: видалення кольорових плям, зняття біл-

кових забруднень, надання антистатичних властивостей виробам тощо [1—3]. Аналіз стану ринку СМЗ в Україні вказує, що частка засобів для прання становить 57,5 %, частка засобів, які доповнюють дію прального порошку — 14 %, універсальних засобів для чищення — 12,1 %, засобів для миття посуду — 11,9 %, засобів для туалетів 1,6 %. Отже асортимент СМЗ сьогодні як в Україні так і у світі є достатньо широким, однак за хімічним складом даний вид продукції доволі однотипний. Для забезпечення найефективніших мийних властивостей цих синтетичних засобів використовують спеціальні композиції з 5—12 інгредієнтів. Серед яких переважну частку становлять синтетичні ПАР, структура молекул яких визначає поверхневу активність цих сполук, з якою пов'язані властивості щодо миття, піноутворення, змочування. У препаратах для прання вміст поверхнево-активних речовин може перевищувати 30 %. У засобах для миття і чищення посуду в 3—5 разів знижений вміст ПАР і фосфатів, але збільшений вміст лугів і кислот. В групі технічних мийних засобів ПАР можуть бути в дуже малих кількостях або зовсім відсутні [4].

СМЗ різноманітні також за агрегатним станом. За даними АС Nielsen Ukraine [5], залежно від типу консистенції, на частку порошків припадає 54,7 %, гелів — 20,4 %, рідин — 16,3 %, кремів — 7,9 %, аерозолів — 0,6 % та 0,1 % ринку займають пастоподібні засоби. Проте порошки при зберіганні часто злежуються, а при використанні розпорошуються, подразнюючи верхні дихальні шляхи.

Отже широке використання СМЗ, особливо в побуті, потребує об'єктивної інформації щодо безпечності даної продукції та правил їх безпечного використання.

Мета роботи полягала в оцінці існуючих даних щодо безпечності СМЗ на основі поверхнево-активних речовин та правил їх безпечного використання.

Методики, матеріали і результати досліджень.

Так як у рецептурах СМЗ і препаратів для чищення до пріоритетних чинників впливу на людину відносять ПАР, то в даній роботі буде розглянуто саме їх безпечність. ПАР легко поглинаються шлунково-кишковим трактом, широко поширюються по всьому організму й значною мірою піддаються хімічним змінам, тобто ω - і β -окислюванню. Основні продукти і метаболіти виділяються головним чином через нирки, хоча частина абсорбованої дози може бути виділена жовчними шляхами. Тільки мінімальні кількості ПАР поглинаються через шкіру, хоча при тривалому контакті мо-

же бути піддана ризику чистота шкіряного покриття, що може призвести до більшого поглинання; високі концентрації можна знизити зменшенням часу контакту.

Широке використання й розповсюдження ПАР обумовлює різні шляхи їхнього надходження до організму людини. Так, наприклад, забруднення повітря детергентами носить короткочасний локальний характер. Однак завдяки конвективним повітряним потокам, ПАР можуть поширюватися по інших приміщеннях і утворювати не виражене, але стабільне забруднення. Параметри мікроклімату істотно впливають на вміст ПАР в повітрі, збільшення повітрообміну і підвищення відносної вологості повітря значно знижують його [6, 7].

Так як ПАР найбільш широко застосовуються в пральних порошках, у миючих і чистячих засобах, та засобах особистої гігієни, то основний шлях впливу на людину — через шкіряний контакт. У процесі застосування в побуті синтетичних миючих засобів відбувається постійний контакт із ними шкіри рук людини. При цьому детергенти адсорбуються на шкірі, і їхній вміст залежить від складу композиції СМЗ. Забруднення шкіри ПАР може перевищувати 10 мкг/см² [8]. Результати проведених тестів показують [9], що людська шкіра може витримати контакт із розчинами, що містять аж до 1 % ПАР (алкилбензолсульфонатів, алкилсульфонатів та алкилсульфатів) протягом 24 годин тільки з незначними подразненнями. А взагалі ПАР, потрапляючи на шкіру, впливають на її функціональний стан: змінюють рН, вміст ліпідів, загальну кількість амінокислот, викликаючи при цьому знежирення поверхні шкіри, усунення природного зволожуючого показника, денатурацію білків зовнішнього шару шкіри, підвищення проникності і припухлості зовнішнього шару. При цьому, так як ніхто не висловив бажання бути добровольцем при дослідженні впливу ПАР на шкіру, немає незаперечного доказу, який вказував би на виникнення екземи при контакті з ПАР. Випадкові контакти людей з цими реагентами не виявили ніяких серйозних ушкоджень шкіри, також не спостерігалось летальних випадків [9].

На рівень детергентів на поверхні шкіри впливають також залишкові кількості ПАР на тканині, які можуть при використанні СМЗ для прання тривалий час зберігатися на текстильних тканинах у кількостях, що перевищують їхній припустимий рівень — 5 мкг/см² [10].

Однак не можна не враховувати і пероральний шлях потрапляння в організм людини поверхнево-активних речовин з питною

водою і за рахунок широкого застосування синтетичних засобів для миття і чищення посуду. При цьому ПАР здатні утворювати на поверхні посуду погано змивані плівки, на яких залишаються деякі кількості ПАР навіть після 3—5 ополіскувань [11]. Крім того, розробляють і вже застосовують спеціальні засоби, призначені не тільки для миття посуду і кухонного устаткування, але й для миття овочів та фруктів [11]. Так, існує інформація, що дозволяє стверджувати, що щоденне пероральне споживання ПАР може досягати близько 5 мг/людину [9].

Слід зазначити, що незважаючи на те, що переважна більшість ПАР має відносно низьку токсичність, вони можуть проявляти подразнюючу і резорбтивну дію на шкіру і слизові оболонки, але найбільша небезпека ПАР і препаратів на їх основі для людей міститься в їх сенсibiliзуючій дії, здатності викликати алергічні реакції [4]. Своєрідність біологічної дії поверхнево-активних речовин полягає в тому, що вони можуть не тільки власне виявляти загальнотоксичну і алергенну дію на організм людини, а й посилювати токсичну, канцерогенну, сенсibiliзуючу, мутагенну дію інших хімічних речовин при комплексному та комбінованому надходженні до організму [7, 13]. Механізм дії ПАР на процеси в організмі базується на впливі на структуру і проникність біологічних мембран, що спричиняє найбільш виражені ефекти з боку центральної нервової системи, органів зовнішнього дихання, харчового каналу і крові.

В Україні діють такі основні документи, що регулюють безпеку мийних засобів: Технічний регламент мийних засобів, затверджений наказом КМ України 20.08.2008, № 717 (у редакції постанови КМ України від 12.06.2013 № 408 — з грудня 2013 р.) [14]; ДСТУ 2972:2010 «Засоби мийні синтетичні порошкоподібні. Загальні технічні вимоги та методи випробування»; СанПиН № 6026 Б-91 «Санитарные правила и нормы по производству и применению товаров бытовой химии»; «Методические указания по гигиенической оценке товаров бытовой химии», № 6026 В-91; «Методические указания по санитарно-гигиеническому контролю за применением чистящих средств для обработки изделий, контактирующих с пищевыми продуктами», № №4548-87. При цьому головним законодавчим документом країни, в якому висвітлюються питання безпеки СМЗ вважається Технічний регламент мийних засобів. При створенні Технічного регламенту в основу були покладені вимоги до мийних засобів, встановлені в Regulation (EC) № 648/2004 та Regulation (EU) № 259/2012 [15—16], який допо-

внює попередній щодо використання фосфатів та інших сполук фосфору в мийних засобах для прання і засобах для автоматичних посудомийних машин, рівня біологічного розкладу ПАР, які входять до його складу та маркування мийного засобу.

Отже при вирішенні питань щодо безпеки СМЗ розглядаються 4 види показників, що відображено в законодавчих документах, які забезпечують безпечне використання синтетичних мийних засобів в Україні [4]:

- токсикологічні та санітарно-гігієнічні показники (токсичність при нанесенні на шкіру, подразнююча дія на шкіру та слизові оболонки, сенсibiliзуюча дія);
- фізичні показники (пожежо-, вибухобезпечність);
- фізико-хімічні показники безпеки (показник рН, масові частки лужних компонентів, кислот, активного хлору та кисню, здатність до піноутворення, змиваємість з посуду);
- екотоксикологічні показники (біорозкладання, масова частка фосфорнокислих солей).

Токсикологічні та санітарно-хімічні показники безпеки СМС, які діють в Україні, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Показники, нормативи і регламенти, які враховуються при оцінці ризику синтетичних мийних засобів в Україні [4]

Показники, нормативи і регламенти, які враховуються при оцінці ризику	Нормативні величини і регламенти
Токсикологічні	
дія на шкіру і слизові оболонки	відсутність подразнюючої дії при дотриманні режиму використання;
алергенна дія	відсутність алергенної дії при дотриманні режиму використання;
здатність викликати віддалені ефекти	відсутність канцерогенної мутагенної тератогенної ембріотоксичної дії
Санітарно-хімічні	
рН	7,0—11,5 (для 1 % розчину)
допустимий вміст ПАР	на текстильних матеріалах 5 мкг/см ² , на посуді — 0,15 мкг/см ² , на шкірі рук 1 мкг/см ²
утворення пилу	масова частка пилу — не більше 3 %
піноутворення	висота піни не більше 20 см

Серед документів ЄС щодо детергентів є група постанов, яка не є законодавчою, але визначає основні вимоги, що спрямовані на посилення заходів захисту здоров'я людини і охорони навколишнього середовища, наприклад, рішення Комісії від 28.11.2011 про встановлення екологічних критеріїв для присудження маркування «ЕС ECOLABLE». Цей знак надається продуктам із зниженим впливом на навколишнє середовище протягом всього їх життєвого циклу. Крім того на упаковках препаратів побутової хімії застосовуються і інші попереджувальні позначки про характер небезпеки, наприклад: речовини, що подразнюють слизові оболонки (літерні позначки: **Xn** або **Xi**), токсичні речовини (літерна позначка: **T**) та вогненебезпечні речовини (літерна позначка: **F**).

Слід зазначити, що не випадково до синтетичних мийних засобів висуваються вимоги щодо маркування, яке доводить до покупця відомості про продукцію та правила поводження з нею. Якщо додержуватися правил, що зазначені на упаковках, тоді використання СМЗ буде цілком безпечним.

Взагалі, щоб мінімізувати ризики, пов'язані з використанням засобів побутової хімії, необхідно:

- звертати увагу на маркування товарів побутової хімії;
- надавати переваги товарам безпечним для здоров'я і довкілля, на упаковках яких є екомаркування;
- економно використовувати засоби для миття, чищення, прання;
- сортувати сміття і утилізувати.

Висновки. На сьогодні асортимент синтетичних мийних засобів є досить широким і представлений товарами різноманітного призначення. При виробництві та використанні синтетичних мийних засобів одним із важливих факторів є їх безпечність для здоров'я людини та навколишнього середовища. Основні вимоги щодо якості та безпечності синтетичних мийних засобів містяться у загальних нормативних документах на товари побутової хімії та засоби для прання. Безпека синтетичних мийних засобів та взагалі, товарів побутової хімії повинна забезпечуватися сукупністю вимог до сировини, складу СМЗ і товарів побутової хімії при використанні за призначенням з урахуванням захисних заходів, а також вимог до пакування, маркування, умов зберігання і транспортування. Неправильне користування засобами побутової хімії стає причиною багатьох нещасних випадків.

Література

1. Деева О. Рынок синтетических моющих средств / О. Деева // Химия Украины. 2010. № 2 (248). — С. 23.
2. Барна М. Стан та тенденції розвитку ринку синтетичних мийних засобів/ М. Барна, О. Демкевич // Науковий вісник НЛТУ України. 2012. № 22.5. — С. 183—187.
3. Ринок непродовольчих товарів України: реалії та перспективи: монографія. В 3-х т. / кал. авт.: О. О. Шубін, О. М. Азарян та ін. / за наук. ред. О. О. Шубіна; М-во освіти і науки України, Дон. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. — Донецьк : Вид-во ДонНУЕТ. 2010. Т. 2. — 528 с.
4. Герасимова В. Г., Дишнієвич Н. Є., Головащенко Г. В. Сучасні особливості регламентації безпечного застосування синтетичних мийних засобів у країнах Євросоюзу, Митного союзу та в Україні // Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки. 2013. № 3. — С. 5—11.
5. Nielsen офіційний сайт. Режим доступу: <http://www.nielsen.com/eu/en/about-us.html>.
6. Волощенко О. И., Мудрый И. В. Гигиеническое значение поверхностно-активных веществ. Киев: Здоровье, 1991. — 176 с.
7. Бобылева О. А, Герасимова В. Г., Сноз С. В., Шилина В. Ф. Вопросы безопасности для здоровья человека товаров бытовой химии при проведении государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы // Сучасні проблеми токсикології. Промислова токсикологія. 2006, № 4. — С. 38—43.
8. Голенкова Л. В. Гігієнічне обґрунтування раціонального застосування м'яких засобів для обробки тканин одягу: Автореф. дис....канд. біол. наук. Київ, 1994. — 21 с.
9. Linear alkylbenzenesulfonates and related compounds // Environmental health criteria; 169. — World Health Organization Geneva, 1996.
10. Мудрый И. В. Оценка комплексного и комбинированного воздействия сульфонола и синтамида-5 на организм в целях гигиенической регламентации применения СМС в быту: Автореф. дис. канд. мед. наук. Киев, 1985. — 21 с.
11. Герасимова В. Г., Головащенко Г. В. Гігієнічні аспекти застосування синтетичних засобів для чистки (СЗЧ) для обробки виробів і обладнання, що контактують з харчовими продуктами // Актуальні проблеми екогігієни і токсикології: Матеріали науково-практичної конференції. 28—29 трав. 1998 р. Київ: ЕКОГІНТОКС, 1998. — С. 60—64.

12. Проданчук М. Г., Мудрий І. В., Калашніков А. А. Поверхнево-активні речовини: токсиколого-гігієнічні та мікробіологічні аспекти. Київ: Медицина України, 2006. — 223 с.

13. Технічний регламент мийних засобів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України 20.08.2008, № 717 (у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 12 червня 2013 р. N 408) // Законодавство України. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/408-2013-%D0%BF>.

14. Regulation (EC) No 648/2004 of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 on detergents. — OJ L 104, 8.4.2004. — P. 1—35.

15. Regulation (EU) No 259/2012 of the European Parliament and of the Council of 14 March 2012 amending Regulation (EC) No 648/2004 as regards the use of phosphates and other phosphorus compounds in consumer laundry detergents and consumer automatic dish washer detergents with EEA relevance. — OJ L 94, 30.3.2012. — P. 16—21.

*Інформація про авторів Праховнік Н. А., кан. тех. наук, доцент,
email abakumova@ukr.net*

РОМАНЮК О. О., канд. техн. наук, доцент

СКІДАН В. В., канд. техн. наук

ГОНЧАРУК А. Ю., магістр

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна

ОСНОВНІ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ДО ВИРОБНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТОВАРІВ ШИРОКОГО ВЖИТКУ

***Анотація.** Проаналізовано вимоги до розміщення, експлуатації та обслуговування технологічного обладнання, призначеного для виробництва товарів широкого вжитку. Відповідно до правил охорони праці для працівників виробництва одягу і взуття визначені вимоги до застосування обладнання і пристроїв для забезпечення безпечних умов праці у виробничих приміщеннях.*

***Ключові слова:** безпечність виробничого процесу, технологічний процес, обладнання.*

***Abstract.** Requirements for the placement, operation and maintenance of technological equipment intended for the production of consumer goods are analyzed. In accordance with the rules of labor protection for workers in the production of clothing and footwear, requirements for the use of equipment and devices to ensure safe working conditions in industrial premises.*

***Keywords:** consumer goods, technological processes, equipment, requirements.*

Розвиток виробничої сфери, поява нових видів діяльності підвищує значимість охорони праці та безпеки виробничого процесу. Несприятливі умови праці, які призводять до виробничого травматизму, можуть бути обумовлені проблемами в управлінні охороною праці: послаблення контролю за технікою безпеки на виробництві, скорочення або навіть ліквідація служб охорони праці на виробництві, послаблення контролю за станом виробничої та технологічної дисципліни, а також результатом: старіння основних виробничих фондів, скорочення обсягів капітального та профілактичного ремонтів машин та устаткування, обмеження інвестицій,

спрямованих на створення нової, більш безпечної техніки та технологій, технічного оновлення виробництва 1.

Безпечність виробничого процесу — це властивість виробничого процесу зберігати відповідність вимогам безпеки праці в умовах, встановлених нормативно-технічною документацією. Забезпечується безпечність виробничих процесів комплексом конструкторських, проектних та організаційних рішень, які передбачають:

- відповідний вибір технологічних процесів, робочих операцій;
- грамотне обслуговування обладнання, виробничих приміщень;
- раціональну організацію робочих місць;
- вибір способів зберігання та транспортування вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва;
- розподіл функцій між людиною та устаткуванням з метою зміни умов праці;
- професійний відбір та навчанням працівників;
- застосування засобів захисту працівників;
- розробку та впровадження вимог безпеки в нормативно-технічну та технологічну документацію.

Правильно організована робота із забезпечення безпеки праці підвищує дисциплінованість робітників, що свою чергу, сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню кількості нещасних випадків, несправностей обладнання, тобто безпека праці безпосередньо сприяє ефективності виробництва 2 .

На підприємствах індустрії моди все обладнання, що встановлюється, модернізується та використовується в технологічному процесі, повинно відповідати вимогам безпеки праці.

Виробниче обладнання повинно бути розміщене раціонально, щоб його експлуатація, обслуговування та ремонт були зручними, безпечними й забезпечували безперервність технологічного процесу. На все устаткування повинні бути інструкції з експлуатації, обслуговування та ремонту. Усі стаціонарні машини, апарати та інше устаткування повинні встановлюватись так, щоб була виключена можливість їхнього зсуву під час роботи. Після встановлення нового обладнання, ремонту та модернізації обов'язково повинен бути складений акт про придатність обладнання до роботи та наявність систем захисту відповідно до вимог безпеки праці.

На машинах, верстатах, апаратах та інших пристроях всі небезпечні частини, які рухаються, повинні бути огорожені. Усі машини, що мають холостий та робочий шків, повинні мати закри-

тий кожухом пристрій для перекладу ременя, перекладні качани або важелі з запірними пристроями, що унеможливають самовільний перехід ременя з холостого шківу на робочий.

Кріплення шлангів до пульверизаторів і трубопроводів повинно мати пристрої-фіксатори, що виключають зрив шлангів. На гідравлічному пресі ремонті роботи повинні проводитись лише при знятому тиску пари та рідини в системі. Все обладнання, на якому використовується пара під тиском, повинне мати запобіжний клапан.

Форма і колір знаків безпеки повинні відповідати вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25.11.2009 № 1262.

Оформлення знаків безпеки повинне відповідати ДСТУ ISO 3864-1:2005 «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Частина 1. Принципи проектування знаків безпеки для робочих місць та місць громадського призначення».

Оформлення знаків пожежної безпеки повинне відповідати ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір».

Для розмотування, перемірки та розбраківки тканину розміщують на валу таким чином, щоб не було її потрапляння в робочі частини, оскільки це може призвести до викидання валу з підшипників.

Промірювально-бракувальні столи і машини повинні бути обладнані пристроями для зняття зарядів статичної електрики з поверхні столу, тканин та матеріалів. Механічні візки повинні встановлюватись строго горизонтально на рейкові колії, рейки повинні утоплюватись врівень з підлогою. Пускові пристрої на машинах повинні бути розміщені в одному місці.

Машини, що обслуговуються з двох боків двома працівниками, повинні мати кнопкові пости, які дають змогу зупини машину кожному з працівників, та бути обладнані звуковою та світловою сигналізацією, яка попереджає про запуск машини.

Машина, на якій працюють два працівники, повинна мати сигналізацію або блокувальний пристрій, що виключає запуск машини одним працівником. Пусковий пристрій повинен мати блокування, яке унеможливорює самостійне включення машини в момент заправки тканини між валиками.

На стрічкових розкрійних машинах всі шківни та стрічковий ніж, окрім його робочої частини, довжина якої відповідає макси-

мальній висоті розкрійного настилу, повинні бути закриті кожухами. Огородження стрічкового ножа та шківів, що знімаються і відкриваються, повинні мати надписи «Не відкривати на ходу». Машини повинні бути обладнані пристроєм, що регулює висоту настилу та запобігає попаданню пальців рук працівника під стрічковий ніж. Стрічкові розкрійні машини повинні бути обладнані:

- гальмами;
- уловлювачами стрічок, які автоматично діють під час їх розриву;
- автоматичною зупинкою електродвигуна;
- заточувальним пристроєм, пиловловлювачем;
- місцевим освітленням.

Ножові полотна стрічки повинні зберігатись у спеціальних футлярах. Якщо застосовують спеціальної емульсії, то машини повинні бути обладнані піддонами для збирання відпрацьованої емульсії.

На пересувних розкрійних машинах ножі повинні мати захисне огороження, яке регулюється по висоті настилу.

Не дозволяється використовувати тролейну лінію для подачі струму до пересувних розкрійних машин. Підключення пересувних розкрійних машин до мережі електропередачі повинно відповідати вимогам ПУЕ та мати захисне заземлення (занулення).

Ріжучий інструмент механічних та електрохімічних лінійок для обрізки кінця настилу тканин, матеріалу повинен обов'язково мати огороження, що дозволить уникнути поранення рук робітників. Із цією ж метою повинні бути закриті кожухами та кришками всі рухомі та обертальні частини. Розкрійні столи та металева окантовка лекал повинні мати гладку без задирок поверхню.

Заточення ножів електророзкрійних машин повинно виконуватися на заточувальному пристрої з виключеним двигуном та у положенні, коли машина відведена з поверхні настилу.

На стрічковій розкрійній машині повинні бути спеціальні пристрої, які виключають можливість травмування працівника під час вирізання дрібних деталей.

На машинах зі зворотно-поступальним рухом заточення ножа здійснюється вручну, коли вимкнена машина, тобто знеструмлена.

Відходи від стрічкових розкрійних машин повинні збиратися і транспортуватися механічними або пневматичними пристроями. Різання різноманітних плівок повинно виконуватись на спеціально обладнаних для цього машинах. Розкрій полотна із синтетичних волокон повинен мати запобіжну операцію — накладання на

верхній шар крою листка паперу і затискання його затискачами з боку, протилежного тому, який розкроюється, щоб уникнути зсування шарів та травмування працівників.

Під час розкроювання синтетичних матеріалів треба уникати оплавлення країв матеріалу, для цього необхідно застосовувати спеціальне змащування стрічкового ножа. Якщо тканина потрапила в паз плоского напрямлювача стрічкового ножа, то витягувати її потрібно тільки після вимкнення машини та повної її зупинки. Очищення шківів стрічкової розкрійної машини повинне проводитись спеціальним інструментом.

Усі універсальні машини повинні бути обладнані запобіжними пристроями від проколу пальців голкою. Ниткопротягувачі машини, що значно виступають за корпус у бік працівника, повинні відгороджуватися скобами, а ротаційні ниткопротягувачі повинні бути закриті огорожею. Робочі столи швейних машин повинні мати гладеньку поверхню.

Машини для пришивання гудзиків та фурнітури повинні бути обладнані прозорими щитками, які повинні бути зблоковані з пусковим пристроєм. На гудзикових та закріплювальних машинах човниковий пристрій повинен закриватися щитком. Пасова передача від електроприводу до головки машини повинна мати огороження. На кожній машині повинен бути пристрій для надійної фіксації головки машини у відкинутому положенні, а для захисту працівників від впливу електромагнітних полів електродвигуна на промислові столи через гумові шайби-вставки повинні бути встановлені відповідні екрани. Під ніжки промсталів повинні підкладатися прокладки з вібропоглинального матеріалу.

Для запобігання потраплянню рук працівника між подушки преса, включати його можна тільки одночасним натисканням на кнопки обома руками, тримаючи їх там до повного закриття преса. Між пусковими кнопками повинен бути запобіжний пристрій, який гарантує утримання верхніх подушок від опускання у разі поломки та запобігає самовільному спрацюванню пускового пристрою, а також повинна бути передбачена кнопка для аварійного розкриття подушок. Пропарювальні апарати повинні мати термоізоляцію для запобігання опіків працівників і зменшенню тепловиділення у виробниче середовище. Трубопровід для подачі води з мережі до пропарювального апарата в місці приєднання повинен мати запобіжний клапан.

Паророзподільні пристрої та трубопроводи преса в доступних місцях повинні бути теплоізовані або закриті захисними кожу-

хами, відповідно до вимог «Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» (ДНАОП 0.00-1.07-94). Парові преси швейних цехів повинні бути обладнані пристроями для запобігання потраплянню пари в робоче приміщення.

Струмопідвідні контакти прасок повинні мати спеціальні захисні засоби відповідно до ДНАОП 0.00-1.21-98. Ручки прасок повинні бути виготовлені з теплостійких діелектричних матеріалів. Металевий корпус прасок повинен бути заземлений. Прасувальні столи повинні мати пристрої для пропарювання або зволоження матеріалу. Електричні праски повинні мати автоматичний регулятор температури. Підшва праски повинна мати чисту відполіровану поверхню.

Механічні щітки повинні мати місцеві відсмоктувачі, а також повинні бути обладнані пристроями для зняття заряду статичної електрики. Зазор між щіткою та столом не повинен перевищувати 5 мм. Механічні щітки повинні розміщуватися в окремій ділянці цеху.

Особливості безпечної організації виробничих процесів на підприємствах індустрії моди полягають в організації робочого місця, оснащенні його інструментами та допоміжними пристроями згідно з вимогами типових проектів організації робочого місця відповідно до професії. В усіх технологічних процесах передбачається захист працівників від можливої дії небезпечних факторів.

Орган управління (кнопки, рукоятки тощо) потрібно розміщувати на висоті в межах 0,8—1,6 м під час роботи «стоячи» та 0,6—1,2 м під час роботи «сидячи» таким чином, щоб забезпечувати легкий доступ до них. Можливість використання з будь-якої робочої позиції аварійних вимикачів, кнопок дистанційного управління обладнанням та іншими пристроями повинно забезпечуватися розміщенням і конструкцією самих вимикачів та кнопок.

Під час роботи «стоячи» поблизу робочого місця повинні бути стільці стандартних зразків для відпочинку працівників під час перерви. Стільцями повинні бути забезпечені всі працівники, які працюють «стоячи».

Робочі місця для обслуговування пресів, пароповітряних манекенів і стрічкових розкрійних машин повинні бути забезпечені площадками, розташованими відповідно до росту працівників, які обслуговують таке обладнання.

Підлога робочих місць прасувальників повинна бути вкрита струмоізоляційними прокладками або килимками. Усі поверхні робочих місць повинні унеможливити травмування працюючих.

На операціях прасування і пресування необхідно проводити зволоження виробів водою із спеціальних розпилювачів. Робочі місця повинні бути обладнані витяжними пристроями. Під час операції обрізки деталей швейних виробів необхідно використовувати пристрої для збирання обрізків.

Контроль і регулювання процесів волого-теплової обробки тканин і матеріалів повинні виконуватись автоматично. Камера для волого-теплого оброблення зтягнутих заготовок взуття повинна мати огороження приводної, натяжної станції та транспортера. Камера повинна мати на вході теплоізоляцію та шторки з термостійкого матеріалу. Температура усередині камери повинна регулюватися автоматично. Пульти управління повинен бути розміщений у місці запуску взуття в установку та розташований на відстані не більше 0,5—0,8 м від робочого отвору завантаження. Теплоізоляція зовнішніх поверхонь сушарок, вентиляторів, повітроводів та зовнішніх стінок калориферів, розташованих поза сушарками, повинна унеможливити надходження тепла у приміщення.

Виготовлення виробів з використанням клеїв та інших хімічних речовин, які є джерелами виділення в повітря шкідливих речовин та пилу, повинно виконуватись на місцях, обладнаних системою місцевої вентиляції згідно з ДСН 3.3.6.042-99.

Ручні операції голкою необхідно виконувати в наперстку з обвідкою, що відповідає розміру пальця працівника, а його робоче місце повинно бути обладнано пристроями для зберігання голок.

Технологічний процес швейного виробництва побудований таким чином, що розпакування, зберігання тканин та матеріалів здійснюється безпосередньо в цеху, оскільки їх зберігання в інших цехах не рекомендується. Під час складування тканин та матеріалів на піддони їх висота не повинна перевищувати 2 м. Трапи повинні бути міцними, перевірятись не рідше двох разів на місяць та мати ширину не менше 1 м. Піддони для тканини та матеріалів повинні розміщуватись на відстані не менше 1 м від опалювальних систем і нагрівальних приладів.

Місця зберігання тканин і матеріалів повинні бути обладнані системами опалення, вентиляції, зволоження та системами регулювання температури і вологості повітря. Для запобігання самозаймання промислових відходів не можна в ємкості, де вони зберігаються, скидати промислові відходи. В будівлях, приміщеннях та спорудах не дозволяється розкидати й залишати не прибраними промаслені матеріали. Їх потрібно прибирати в металеві ящики,

щільно закривати кришками, та в кінці робочої зміни видаляти у спеціальні місця. У місцях складування матеріалів необхідно забезпечити вільний доступ до засобів пожежогасіння (пожежні крани, вогнегасники тощо).

Усі великогабаритні частини, що знімаються під час ремонтних робіт, повинні бути розміщені на раніше визначених місцях, міцно та надійно укладені з застосуванням прокладок. Під час проведення ремонтних робіт на висоті повинні використовуватися обладнані пристрої, які виключають падіння деталей та інструменту вниз, відповідно до вимог інструкції з охорони праці під час виконання робіт на висоті з використанням спеціальних страховальних засобів, затверджених Держпромгірнаглядом України від 09.10.2003 № 190.

Трапи, приставні драбини та інші пристосування для забезпечення безпеки виконання робіт на висоті повинні відповідати вимогам спеціальних інструкцій для кожної дільниці цеху незалежно від умов праці. Роботи на висоті повинні проводитись відповідно до вимог безпеки праці.

Балони з газом, які зберігаються у виробничих приміщеннях, повинні розміщуватись від радіаторів опалення та інших нагрівальних приладів, печей на відстані не менше 1 м, а від джерел тепла з відкритим вогнем — не менше 5 м. Балони з отруйним газом повинні зберігатись у спеціальних окремих приміщеннях, щоб на них не потрапляли сонячні промені.

Додержання безпечних умов праці під час виконання виробничих процесів на підприємствах по виготовленню товарів широкого вжитку безпосередньо впливає на:

- продуктивність, безпеку праці, здоров'я працівників;
- ефективність виробництва як важливий елемент конкурентоздатності підприємства;
- зростання продуктивності праці в результаті збільшення фонду робочого часу.

Література

1. Малько О. Д., Ковжого С. О., Полежаєв А. М. Про деякі проблемні питання управління охороною праці. Вісник ХНАДУ. 2012. Вип. 59. — С. 100—103. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/o-nekoto-ryh-problemnyh-voprosah-upravleniya-ohranoy-truda> (дата звернення 11.04.2019).

2. Брусенцов С. Г. Роль охраны труда на производстве. Концепт. 2015. № 12 (декабрь). ART 15423. URL:<https://e-koncept.ru/2015/15423.htm> (дата звернення 11.04.2019).

Інформація про авторів: Романюк О. О., канд. техн. наук, доцент,
email: romanuk@ukr.net

ЧЕБЕРЯЧКО Ю. І., д-р техн. наук, професор
КНИШ І. М., аспірант
НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ ПРОТИАЕРОЗОЛЬНИХ ПІВМАСОК

Анотація. Метою роботи є узагальнення сучасних тенденцій розвитку конструкцій фільтрувальних півмасок для забезпечення високого рівня захисту працівників. Визначено, що основними показниками півмасок, від яких залежить їх ефективність, є надійне ізолювання органів дихання, високоякісне очищення повітря і своєчасне використання півмасок. Запропоновано, напрямки з удосконалення конструкцій складових елементів фільтрувальних респіраторів, які підвищать ступінь захисту працівників.

Ключові слова. Респіратор, коефіцієнт захисту, засоби індивідуального захисту органів дихання, професійні захворювання, аерозольний фільтр, пиломісткість.

Abstract. The aim of the work is to summarize the current trends in the development of filter camshafts designs to provide a high level of protection for workers. It is determined that the main indicators of semi-masks, on which their effectiveness depends, is reliable isolation of respiratory organs, high-quality air purification and timely use of semi-masks. In the article proposed improvements directions for the design components of the filtering respirators which will increase protection degree of the workers.

Keywords. Respirator, protective coefficient, professional disease, particle filter.

В Україні найбільш поширеними професійними захворюваннями за даними Фонду соціального страхування є захворювання органів дихання, спричинені дією різних промислових аерозолів. Це призводить до необхідності розробки нових та удосконалення існуючих засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) працівників на основі інноваційних підходів. Даний процес потребує окреслення вимог, які визначають призначення й область використання захисних пристроїв, що може бути також і основою їх класифікації (рис. 1).

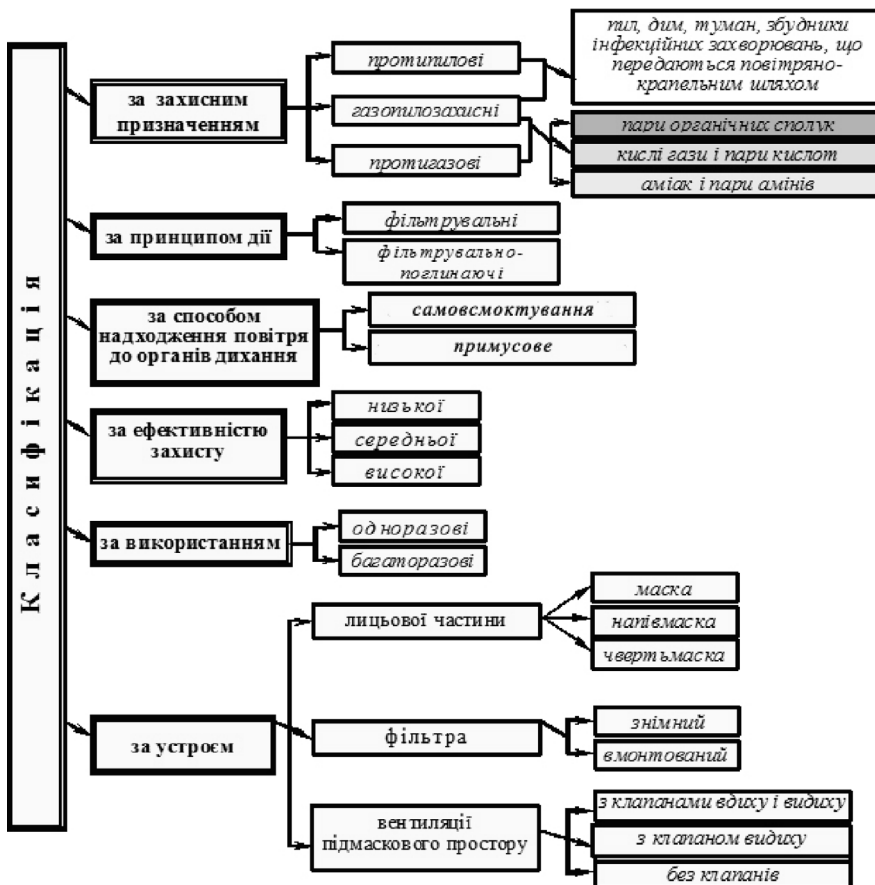


Рис. 1. Класифікація засобів індивідуального захисту органів дихання

Усі ЗІЗОД повинні забезпечити високий ступінь очищення повітря, надійне ізолювання органів дихання від навколишнього середовища та заданий термін захисної дії. Тому низкою нормативних актів, зокрема ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006. «Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования», ДСТУ EN 136:2003 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Маски. Вимоги, випробовування, маркування» (EN 136:1998, IDT); ДСТУ EN 149:2017 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Півмаски фільтрувальні для захисту від аерозолів», всі ЗІЗОД проходять перевірку з визначен-

ня захисних та ергономічних показників. Захисні показники оцінюють за номінальним коефіцієнтом захисту K_3 , який показує кратність зниження концентрації шкідливої речовини та визначається за формулою [1]:

$$K_3 = \frac{100}{K_n + K_{nid}}, \% \quad (1)$$

де K_n — коефіцієнт проникнення фільтрів; K_{nid} — коефіцієнт підсмоктування півмасок або клапанів видиху.

Ергономічні показники характеризуються опором диханню, масою та об'ємною часткою діоксиду вуглецю у підмасковому просторі. Відзначимо, що особливу увагу на відповідність засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) ергономічним вимогам приділено в ДСТУ 7239:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація, де в п. 5.3 вказано, що всі ЗІЗ мають відповідати вимогам ергономіки та дизайну. Перевірка якості ЗІЗОД не можлива без визначення їх опору диханню. Цей показник є одним з головних, оскільки він дає можливість оцінити енергетичні затрати організму людини через зміну параметрів легеневого газообміну та насиченості крові киснем.

Коефіцієнт проникнення K_n (%) виражає долю дисперсних частинок, які проникли через фільтри або лицеві фільтрувальні частини ЗІЗОД. Його низькі показники забезпечуються за рахунок використання високоефективних багат шарових фільтрувальних матеріалів. Їх тип підбирають залежно від класу респіратора та умов його використання. Для підвищення ефекту уловлювання аерозольних частинок на них часто наносять електростатичні заряди, які в десятки разів покращують захисні характеристики. Однак, завдяки різним технологічним операціям: формування заготовок фільтрів, зварювання різних поверхонь та інше можлива втрата частини зарядів і погіршення коефіцієнта захисту готового виробу. Особливо цей процес характерний для фільтрувальних полотен з нанесеним електростатичним зарядом у полі коронного розряду. За правильних технологій виготовлення коефіцієнт проникнення фільтрів становить до 0,1.

Коефіцієнт підсмоктування K_{nid} (%) виражає частку дисперсних частинок, які проникли через нещільності смуги обтюраторії ЗІЗОД або клапанної системи. Він залежить від декількох параметрів. Зокрема, конструкції обтюратора, наголів'я та клапанів ви-

диху і вдиху (за наявності), носового затискача. Основна проблема — це неможливість забезпечення надійного відокремлення органів дихання від шкідливого середовища через різну антропометрію облич працівників та змінення міміки під час різних рухів та розмов. Одним із ефективних способів вирішення цього питання є виготовлення півмасок зі спеціальним каркасом, який за рахунок змінення своєї геометрії буде зберігати задану форму лицевої частини у різних типів облич та достатню площу смуги обтюрації під час розмов та рухів голови. Зауважмо, що деякі виробники пропонують каркас використовувати і для захисту фільтра від впливу різних шкідливих чинників. Також для підвищення щільності прилягання півмаски до обличчя, обтюратор підсилюють повністю або частково (в області перенісся) додатковим ущільнювачем з пінополіуретану, м'якого каучуку або силікону. Більшість виробників для зменшення підсмоктувань особливо в області перенісся використовують носовий затискач у вигляді вузької пластинки з алюмінію або іншого матеріалу, яка легко згибається та може повторювати форму перенісся. Ще одним елементом, від якого залежить герметичність півмаски, — це наголів'я, яке повинне рівномірно розподілити притискні зусилля за площею обтюратора. Його завдання — зберегти необхідне зусилля після кількох разового знімання півмаски. Між іншим воно відповідає за комфортні відчуття у носінні респіратора.

Високі захисні властивості легких респіраторів неможливо забезпечити без використання відповідної якості клапанів видиху. Вони вирішують важливе завдання — зменшують наявність вологи у підмасковому просторі. Однак через забруднення клапанної сідловини або конструктивні недоліки можуть суттєво погіршити ізолювальні властивості півмасок. Тому до вибору їх форми, матеріалу та розташування виробники відносяться дуже ретельно. Найкращими елементами вважають грибкові клапани. Найчастіше зустрічаються дискові. Однак їх герметичність залежить від конструкції сідловини. Існують пелюсткові клапани, які монтують для можливості використання півмаски з оглядовими щитками, щоб уникнути їх запотівання. Однобоке кріплення — найгірше, часто призводить до змиання клапану, що вимагає виробників збільшувати його товщину або жорсткість.

Для мінімізації опору дихання сучасний фільтр здебільшого складається з трьох шарів фільтрувальних матеріалів: перший — виконує функції захисту півмасок від механічних пошкоджень, ха-

рактизується низьким опором диханню. Його призначенням є видаляти з повітряного потоку аерозольні частинки великих розмірів. Другий — фільтрувальний, очищує повітря від різних аерозолів за типом і розміром. За його характеристиками визначається клас фільтра або півмаски. Третій — каркасний або волого поглинальний, забезпечує комфортні умови у використанні, сприяє зменшенню зростання опору повітряному потоку основного фільтра через потрапляння на нього вологи.

Отже, якісна протипилова фільтрувальна півмаска здебільшого складається з: багаточарового фільтру, який покриває практично всю лицеву частину; обтюратора, що може змінювати форму залежно від антропометричних відмінностей; надійного простого наголів'я та якісних клапанів видиху. Як приклад, розглянемо конструкцію протипилової півмаски «Сніжок» KFFP2[2]. Вона складається зі спеціального каркасу з розташованим вузлом клапану видиху. На нього накладено змінний багаточаровий протипиловий фільтрувальний елемент зі загорнутим краєм. Фіксація фільтра на каркасі відбувається «стягуванням» на його внутрішній поверхні еластичного шнура, який розміщено за периметром. Тим самим утворено обтюратор, конструкція якого за рахунок відповідної геометрії та пружності каркасу, здатна урахувати антропометричні особливості обличчя. Також підвищенню ізолювальних властивостей цієї півмаски та зменшенню її тиску на обличчя сприяє унікальна конструкція кріплення наголів'я. Вона складається двох частин: перша — виконана суцільно з полімерного матеріалу, друга — з двох еластичних стрічок, які з'єднуються з першою за допомогою пряжок.

До особливостей такої конструкції також віднесемо наявність додаткового фільтрувального шару — форфільтру для збільшення пиломісткості. Його структура забезпечує утворення, так званого, автофільтрувального шару пилу, тим самим значно збільшує термін захисної дії.

Висновок. Якість сучасного респіратора залежить від трьох складників: якості фільтра; надійної герметизації між обличчям і півмаскою; своєчасним його використанням протягом всієї зміни. Сьогодні промисловістю освоєно виготовлення високоефективних фільтрувальних елементів. Для збільшення терміну захисної дії необхідно підібрати, розрахувати спеціальні фільтри попереднього очищення, які працюватиме в режимі автофільтрування. Надійність герметизації є складним завданням, яке вимагає постійного

пошуку нових рішень: в оцінці впливу антропометричних параметрів обличчя: під час розрахунку каркасу півмасок, розміщення наголів'я; у підборі відповідного матеріалу для клапанів вдихання та видихання. В комплексі всі рішення повинні бути направлені на підвищення комфорту використання півмасок, зменшення негативного впливу, больового відчуття, утруднення дихання, тобто забезпечення безперервного використання ЗІЗОД протягом роботи у небезпечних зонах.

Література

1. Средства индивидуальной защиты органов дыхания: справ. рук-во / П. И. Басманов, С. Л. Каминский, А. В. Коробейников, М. Е. Трубицына. С-Пб.: ГИПП «Искусство России», 2002. — 399 с.
2. Патент на корисну модель № 113669 Україна, МПК А62В 9/04 (2006.01). Комплексний засіб індивідуального захисту / Енан А. А.-А., Сахаров О. В., Абрамова Н. М., Чеберячко С. І.; заявник та патентовласник Фіз.-хім. інст. зах. навкол. серед. і людини МОН України та НАН України. — № u 201607909; заявл. 18.07.16 р.; опубл. 10.02.17р., Бюл. № 3.

***Інформація про авторів: ЧеберячкоЮ. І., д-р техн.наук, проф.,
email: cheberechko_u@ukr.net***

IV. НОВІТНІ ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ З ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ, ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

УДК 331.45

MITJUK L. O., PhD, docent

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv

XIEZHUOZHAO, for eigner bachelor

China

KALINCHYK V. V., master, assistant

LUTZ T. E., master, master senior lecturer.

ILCHUK O. V., PhD, master, assistant.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv

CURRENT PROBLEMS AND CAUSES OF LABOR PROTECTION WORK IN CHINA

***Анотація.** Розглянуто питання формування культури охорони праці на підприємствах в Китаї. Проаналізовані основні проблеми стану безпеки праці в Китаї, одна з яких — низький рівень знань щодо важливості та актуальності цього питання з боку як роботодавців, так і працівників. Визначено особливості питання низької зацікавленості в проблемах захисту здоров'я працівників підприємств в Китаї та надано пропозиції покращення виробничого середовища завдяки просвітницькій діяльності з питань охорони праці.*

***Ключові слова:** охорона праці, підприємства в Китаї, управління охороною праці, система заохочень та обмежень, освіта з питань охорони праці.*

***Abstract.** Building a safety culture in Chinese enterprises. One of the main problems of the building of such a culture is the low level of knowledge on labor protection from both employers and workers. The purpose of the article is to study the issue of low interest in the health safety of enterprise workers in China and to create proposals for improving the production environment through education activities on occupational safety.*

***Keywords:** labor protection, Chinese enterprises, safe production management system, site safety education and training system, safe production award and punishment system.*

1. The current problems in the work of labor protection

People are not aware of the importance of labor protection work awareness. The investigation found that in actual work, some employees did not realize the importance of labor protection. On the one hand, its awareness of labor protection only stays in the supervision of the operation of safety regulations and the use and supervision of labor protection articles such as simple helmets, safety belts and insulated shoes. Deeper labor protection such as labor protection work standards and labor protections norms of protection supervision and inspection, the damage of the production labor environment to the physical health of production workers have not yet taken root in the hearts of employees. On the other hand, the concept of full-scale labor protection has not been formed. It is believed that safe production and labor protection are matters of on-the-spot workers. The labor protection rules and regulations are indifferent, and there is a passive situation that must be supervised.

There is a lack of construction of employee labor protection organizations. Despite the relevant regulations on labor protection in trade unions, the branch established a network of labor protection supervision and inspection organizations for trade unions, trade union branches and trade union groups. However, due to the lack of hard indicators, the three-level labor protection supervision and inspection organization network is often unnamed, most of the work is only to deal with the situation can not be reached, so that the implementation of the relevant duties of labor protection supervision and inspection is not in place, not specific [1].

The labor protection supervision and inspection personnel's duties are not fulfilled. In the company, the position of the labor protection supervisor is a «virtual job». Many companies do not have a dedicated position, or they are unnecessarily present in the workshop or team. Because it is not an «official», it is said that no one listens, showing the embarrassing situation of no one to ask, no one to control, invisible to slack off the sense of responsibility, can't be classified as accidents and occupational hazards in the team, the workshop is listed as tracking the objectives of supervision and inspection make it impossible for the supervision and assistance of administrative implementation to be rectified in a timely and effective manner. The main reasons for the above problems: first, the labor protection team of the trade unions is relatively weak. At present, most of the labor protection supervision and inspectors of the branch are part-time. On the one hand, the specific duties of labor protection are not very clear. In actual work, there are situations in which opinions and work cannot be supervised on labor

protection work; on the other hand, it is easy for them to be truly responsible for their ideology — less control and supervision. The second is insufficient coordination. Trade unions, employee representatives and security departments have the responsibility to protect and supervise labor protection, employee rights, safety and health and labor environment. However, due to the fact that employees' understanding of the duties of trade unions, employee representatives and security departments is not very clear, cooperation is not easy to be in place, and they are not complemented, forming a situation in which trade unions are «single-handedly fighting» in the labor protection work of employees. Third, the incentive mechanism is not enough. It is understood that our company has a status quo with fewer penalties, and it is no exception in terms of labor protection. There are few or no rewards for the excellent work, but the punishment is increased. As a result, the initiative and enthusiasm of many employees' work are not fully exerted and their functions are limited [2].

2. The grassroots trade unions strengthen the countermeasures of labor protection

Improve the labor protection system so that labor protection can be implemented. Strengthening labor protection and building a stable labor protection system are prerequisites for doing a good job in labor protection for trade unions.

Improve the organization system of labor protection network. A sound labor protection system is the guarantee for the development of enterprises. Our branch office should strengthen the construction of the labor protection supervision and inspection team of the trade unions, and establish and improve the labor protection supervision and inspection committee of the enterprise trade unions. Equipped with specialized and part-time labor protection supervision inspectors, group labor protection inspectors, and clear responsible persons. Giving them the corresponding rights and interests, so that the labor safety team has the motivation and peace of mind.

Work hard on team training, proceed from reality, level, flexible and practical. For example, trade union cadres and labor protection supervision and inspectors responsible for labor protection work should regularly train and work hard on the word «special»; train the labor protection cadres of trade unions, staged and batched, adopt different types of lectures, special seminars, etc.. The labor protection inspectors of the grassroots trade union group should have adaptive, targeted and operability training methods.

Improve their theory, policy and professional skills through various channels and methods, and gradually establish a high quality that understands theory, understands policies, understands laws, understands technology, and has the ability to conduct research, comprehensive analysis and problem solving. The union labor protection is a backbone team.

Improve the safety supervision and inspection system. Establish «Safe Production Management System», «Site Safety Education and Training System», «Safe Production Award and Punishment System». The on-site safety production management system, such as the «Safe Production Responsibility System», clearly defines the responsibilities and tasks of leaders and departments in safety management in the responsibility system, and signs safety production responsibility books at all levels, and uses this as a safety target. Linked with the vital interests of the employees, the cadres and workers will further clarify their responsibilities and improve the ability of cadres and workers to safely produce and protect labor.

Play the role of the Staff Representative Conference in labor protection. It is necessary to take the workers' congress as a carrier, focus on investigation and research, do a good job in collecting occupational safety and health proposals, and inspecting employee representatives, strengthen supervision, and ensure that the contents of labor protection work approved by the workers' congress can be implemented.

Incorporate labor protection into the content of collective contracts. The contents of labor protection listed in the collective contract shall be comprehensive, standardized and collective. It must be operable and feasible. In the process of performing collective contracts, the trade unions must regularly organize employee representatives to conduct inspections. If there is a breach of contract, the relevant departments are required to promptly correct them [3].

Establish a system of mass participation in supervision. The branch trade union organization plays a role as a bridge. Trade union organizations should use their own advantages, start from education propaganda, and strengthen the safety awareness and self-protection awareness of all employees, especially young workers, through various effective methods, consciously resist illegal command and illegal operations, and violate labor discipline. Employees do something in their work to reduce or eliminate casualties.

Proactively create an atmosphere that values labor protection and improve employees' safety production quality and self-protection ability. The banner clearly promotes the policy of «safety first, prevention first» and increases the breadth and depth of safety promotion and safe-

ty education. Do a good job in the «Trade Union Law», «Labor Contract Law», «Safe Production Law» and the promotion of safety knowledge, and strive to achieve «group prevention and prevention» in labor protection work, so that the focus of labor protection work from passive protection to active prevention, Afterwards, the post-treatment will be changed to the precautionary measures, and the labor protection work of the employees will be moved forward, so that each employee becomes the master and supervisor of safe labor protection.

Vigorously carry out mass safety production supervision and inspection activities, establish appropriate mass reporting and investigation mechanisms, unblock the channels for reporting by the masses, and conduct key investigations and treatments on the labor safety and health issues reported by the masses. Reward and protect whistle-blowers, so that the trade unions, together with departmental safety management personnel and front-line workers, strengthen supervision over the production site, strengthen labor safety and democratic supervision and democratic management, document the hidden dangers of accidents, and track supervision and rectification work.

Move the center of gravity down and do a good job in service guidance. The first is to choose a typical unit of trees. Good job was made of the «demonstration» unit effect, organize learning exchanges, and promote it in a comprehensive manner. The effective monitoring and strengthening of the team safety infrastructure and the establishment of the «safe production standardization team» activities can be combined to consolidate the foundation of team safety construction. The second is to carry out the «Safety in My Heart» employee safety culture series activities, and take safety culture activities as a new content of corporate culture and spiritual civilization construction. Through the organization of a series of safety and cultural activities, such as safe cultural performances, knowledge contests, calligraphy comics, (photographs), safe aphorisms, etc., which are popular among employees, we strive to form a «people-oriented», «care for life» and «care for safety» in the enterprise. Atmosphere. The third is to actively carry out education activities for the popularization of workers' safety production knowledge. The trade unions should give full play to their own advantages and adopt various forms, combining the «Ankang Cup» competition and the «Safe Production Month» activities to popularize the knowledge of safe production among employees, so that employees can understand their rights in safety production and their obligations. Consciously follow the rules and discipline.

Giving full play to the supervision and inspection of grassroots trade unions and escorting safety. Dynamic monitoring to implement. In the implementation process, dynamic monitoring is realized from three aspects, one is the process and technical measures. Dynamically link the level of enterprise technology and equipment to the level of monitoring, and change accordingly. Second, in the process of production and operation, with the continuous change of production and management and systematic changes, each link and process form a system of mutual connection and mutual restraint. The third is the aspect of human behavior constraints. It is necessary to shift from the monitoring of physical and environmental factors to the comprehensive monitoring of people and the environment, and resolutely stop violations of labor discipline and other violations of labor discipline, and eliminate artificial insecurity. Persist in understanding the situation, clear goals, high standards, strict requirements, constantly looking for gaps, re-regulation, and then improve. It is necessary to actively cooperate with the security department and do a good job in labor protection.

The labor protection work of the trade union has close working relations with the labor and personnel department, the production competent department and the safety competent department, and all have common safety work objectives. Among them, the trade union organization is at the junction of the safety performance department and the grassroots security work. Therefore, the trade union organization to carry out the labor protection work of the employees must actively communicate with the administration, be a good assistant, and properly handle the relationship between the enterprise benefits and the employees' interests. It is necessary to take the labor protection work as the core, supervise the safety performance of the competent departments, coordinate and deal with the problems existing in the grassroots safety work and labor protection work, and grasp the initiative of the labor protection supervision and inspection work. It is necessary to actively assist the safety authorities to formulate labor protection work plans, supervise and inspect the implementation of labor protection measures, and actively create a good corporate safety work environment and atmosphere. It is the work of enterprise safety production throughout the mass labor protection work. It is necessary to urge labor protection supervision and inspectors to play their role [3].

The team is the ultimate goal of the security review work of the grassroots units. The labor protection of the team is particularly important. On the basis of establishing a three-level labor protection supervi-

sion and inspection organization network of trade unions, trade union branches (workshops) and trade union groups (teams), the grassroots trade unions implement a regular meeting system to urge labor supervisors and inspectors to define their duties and division of labor, and to play their role in supervision and inspection. To enable them to provide timely feedback on problems existing in the supervision and inspection of labor protection, so that all problems can be effectively implemented.

The conclusion. In short, grassroots trade union organizations should make full use of their own characteristics and advantages, extensively carry out mass labor protection supervision and inspection activities, improve employees' safety awareness and professional quality, mobilize the enthusiasm of employees, and achieve «win-win» for enterprise benefits and employees' physical and mental health.

References

1. Промисловість Китаю [Електронний ресурс] — <http://www.geograf.com.ua/china/627-china-industry>
2. Охорона праці в Китаї росте разом зі зростанням штрафів за порушення вимог з безпеки [Електронний ресурс] — <https://regnum.ru/news/2413653.html>
3. Nara Dillon. What can China teach sab out fighting poverty // The China questions. Critical in sights into a rising power / edited by Jennifer Rudolp hand Michal Szonyi / Harvard University Press, 2018.

КЛАПЦОВ Ю. В., канд. техн. наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ
СМОЛЯННИКОВА Л. М., інженер-технолог
ТОВ «Силует», м. Київ

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ВТОМИ ТА ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕСУ

***Анотація.** У статті розглянуто процес втомлюваності як соціальний аспект сучасного стану професійної діяльності, показники та критерії втоми. Визначено ступінь втоми кожного працівника швейного цеху за фізіологічними і психологічними показниками емпіричним та теоретичним методами. Розроблено комплекс фізичних вправ для зняття втоми на робочих місцях, що не вимагають спеціального обладнання та спортивної підготовки. Встановлено залежність відновлення сил і працездатності працівників від системного виконання розробленого комплексу.*

***Ключові слова:** втома, втомлюваність, ступінь втоми, комплекс фізичних вправ, працездатність.*

***Abstract.** The process of fatigue as the social aspect of current state of professional activity, the fatigue index and criteria was examined in the article. The degree of each employee fatigue at sewing workshop were defined by physiological and psychological indexes with empirical and theoretical methods. The complex of physical exercises against the employees fatigue at working spot that does not require special equipment and sport training was ascertained. The dependence of recuperation and efficiency of sewing workshop staff and systematic implementation of designed complex were defined.*

***Keywords:** fatigue, degree of fatigue, physical exercises, performance.*

Вступ. За даними МОП, щороку в світі налічують близько 125 млн нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом, в тому числі 10 млн з тяжкими і 220 тис. зі смертельними наслідками. На підприємствах, установах і організаціях України усіх форм власності щоденно травмується понад 200 працівників, в тому числі 30 стають інвалідами і 5–6 одержують травми зі смертельними наслідками [1].

У статті 43 Конституції України записано: «Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці...». Тож інвестування в охорону праці в першу чергу відбувається саме з метою збереження здоров'я людини [2]. Але навіть дотримуючись положень нормативно-правових актів з охорони праці, кожного року частина підприємств стикається з нещасними випадками на виробництві.

Згідно з даними міжнародної статистики, головним винуватцем нещасних випадків є здебільшого не техніка, не організація праці, а сама людина [3]. Саме психологічні причини, зокрема втомлюваність працівника призводять до його помилкових дій в роботі чи при небезпечній ситуації.

Проблема втоми належить до найпоширеніших та найскладніших у психології праці. Над нею працювали дослідники багатьох галузей науки, серед них Галілей, Прохаска. Вивчення процесів втоми систематично почалось з середини XIX ст. і досі триває.

Втома — це процес тимчасового зниження функціональних можливостей організму (системи, органа) під впливом інтенсивної або тривалої роботи, що визначається погіршенням кількісних та якісних показників цієї роботи, зниженням працездатності, дискоординацією фізіологічних функцій [4].

Втомлюваність впливає на працівника знижуючи продуктивність і якість праці, у окремих випадках спостерігаються помилкові дії, наслідки яких можуть бути смертельними. Чим вища ступінь втомленості людини, тим більше часу їй потрібно для сприйняття інформації і реакції на небезпечну ситуацію. Саме втомлюваність може завадити працівникові вчасно усвідомити небезпечність ситуації і прийняти адекватні заходи щоб запобігти нещасним випадкам. Такі випадки можуть розглядатися як наслідок неадекватної поведінки самої людини в небезпечній ситуації.

Метою дослідження є розгляд процесу втомлюваності, показників та критеріїв втоми, визначення ступеня втоми кожного працівника швейного цеху за фізіологічними і психологічними показниками емпіричним та теоретичним методами та розробка комплексу фізичних вправ для прискорення відновлення сил і працездатності, що не вимагають спеціального обладнання та спортивної підготовки.

Актуальність. Вивчення процесу втомлюваності та розробка і впровадження заходів, щодо уникнення перевтоми на підприємствах є першочерговими завданнями, вирішення яких не тільки сприяє підвищенню працездатності працівників, а й рятує життя мільйонів людей.

Результати досліджень. Проаналізувавши процес втомлюваності, можна виділити загальну причину втоми — критична величина витрат фізіологічного потенціалу і формування нейрофізіологічного конфлікту між діяльністю і відновлювальними процесами.

Втома як складний процес тимчасових зрушень у фізіологічному і психологічному стані працівника в результаті напруженої чи тривалої роботи характеризується суб'єктивними і об'єктивними показниками [5].

Суб'єктивною ознакою втоми є: відчуття стомленості, яке відчуває працівник як своєрідний психічний стан. Його складовими є: відчуття знесилення (коли людина відчуває, що не в змозі належним чином продовжувати роботу), нестійкість і відволікання уваги, порушення в моторній сфері (рухи сповільнюються або стають поспішними, нескоординованими), погіршення пам'яті і мислення, послаблення волі, рішучості, витримки, самоконтролю та сонливості. Суб'єктивні оцінки втоми можуть залежати від мотивації, заінтересованості в роботі, рівня відповідальності, емоційного стану.

До об'єктивних показників втоми відносяться: показники ефективності роботи та зміни в різних фізіологічних системах і психічних функціях.

Фізіологічними показниками розвитку втоми є: артеріальний кров'яний тиск; частота пульсу; систолічний і хвилинний об'єм крові; зміни у складі крові [6].

Психічними показниками розвитку втоми є: погіршення сприйняття подразників; зменшення здатності концентрувати увагу, свідомо її регулювати; посилення мимовільної уваги до побічних подразників, які відволікають працівника від трудового процесу; погіршення пам'яті та труднощі пригадування інформації, що знижує ефективність професійних знань; сповільнення процесів мислення, втрата їх гнучкості, широти, глибини і критичності; підвищення дратівливості; поява депресивних станів; порушення сенсомоторної координації; збільшення часу реакції на подразники; зміни частоти слуху, зору [6].

Залежно від функціональних зрушень в організмі працюючих під впливом різних трудових навантажень розрізняють чотири ступеня втоми (табл. 1) [5].

У стані невеликої та помірної втоми трудова діяльність можлива, але може продовжуватися тільки протягом третини робочого часу. У разі суттєвої втоми працездатність значно знижується, відновлювальні процеси протягом 16—24 годин після роботи мо-

жуть бути недостатніми. У зв'язку з цим несприятливі зміни в організмі акумулюються. Якщо такі зрушення не проходять і за час відпочинку чи за вихідні дні, то розвивається хронічна втома.

Таблиця 1

**Ступені втоми залежно
від функціональних змін в організмі працівників**

Номер ступеня втоми	Назва ступеня втоми	Характеристика	Симптоми	Особливості виконання роботи
I	Маловиражена (або фаза початкових порушень реакцій)	Мало чим відрізняється від початкового функціонального стану	Помилки при виконанні точних рухів з незначними м'язовими зусиллями в зв'язку з невідповідністю силових дій з боку працівника	Робота виконується без істотних змін
II	Помірна	Незначне зниження працездатності і витривалості	Збільшення кількості помилок при виконанні дій, які вимагають незначних або максимальних м'язових зусиль	Перші виконуються з надмірними зусиллями, а другі — з меншими, у порівнянні з початковими значеннями
III	Виражена	Відчутне зменшення працездатності і витривалості рухового апарату.	Час реакцій збільшується, швидкість оптимальних і максимальних робочих реакцій уповільнюється, м'язова сила при виконанні максимальних зусиль зменшується. Мінімальні м'язові зусилля виконуються з надмірною силою в 2—2,5 раза	Загальна працездатність зменшується
IV	Сильновиражена	Супроводжується ультрапарадоксальними реакціями	Всі позитивні сигнали працівником не сприймаються, а негативні викликають позитивні реакції	Відбуваються помилки, аварії, нещасні випадки тощо

Втома, яка розвивається під впливом трудової діяльності, називається професійною. Це явище накопичувального характеру. З нею пов'язують такі суб'єктивні відчуття, як небажання працювати, загальна слабкість, дратівливість, сонливість, зниження уваги, бажання скоріше розправитися із завданням, зниження працездатності та погіршення відносин з колегами.

Внаслідок накопичення втоми може виникнути перевтома — сукупність стійких несприятливих для здоров'я функціональних зрушень в організмі.

Перевтома — це патологічний стан, який супроводжується різким зниженням продуктивності праці і потребує лікувальних та реабілітаційних заходів [7]. Основною відмінністю втоми від перевтоми є зворотність зрушень при втомі і неповна зворотність при перевтомі. Спостерігаються порушення координації рухів, зорові розлади, неуважність, втрата пильності та контролю реальної ситуації. При цьому працівник порушує вимоги технологічних інструкцій, припускається помилок та неузгодженості в роботі; знижується відчуття небезпеки. Крім того, перевтома супроводжується хронічною гіпоксією (кисневою недостатністю), порушенням нервової діяльності.

Проявами перевтоми є: головний біль, підвищена стомлюваність, дратівливість, нервозність, порушення сну, а також такі захворювання, як вегето-судинна дистонія, артеріальна гіпертонія, виразкова хвороба, ішемічна хвороба серця, інші професійні захворювання [5].

Для оцінки втоми використано величину зміни в кінці робочого дня таких показників, як витривалість відносно стандартного м'язового зусилля (ВСМЗ), об'єм короткотривалої пам'яті (КП), час переключення уваги (ПУ) та критична частота злиття мерехтінь (КЧЗМ). Критерії оцінки ступеня втоми та їх допустимі значення наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**Критерії оцінки ступеня втоми
за фізіологічними і психологічними показниками**

Ступінь втоми	Зміна показника в кінці робочого дня, %			
	ВСМЗ	КП	ПУ	КЧЗМ
Маловиражена (I)	До 5	До 5	До 5	До 2
Помірна (II)	6—20	6—20	6—20	3—8
Виразена (III)	21—35	21—35	21—40	9—15
Сильновиражена (IV)	>36	>36	>41	>16

Дослідження проведено на базі підприємства ТОВ «Силует», в яких приймали участь усі працівники першої зміни швейного цеху.

Показники витривалості відносно стандартного м'язового зусилля (ВСМЗ) та критичну частоту злиття мерехтінь (КЧЗМ) визначено за допомогою динамометра та стробоскопа перемінної частоти; об'єм короткотривалої пам'яті (КП) та час переключення уваги (ПУ) визначено провівши психологічні тести «Перелік слів» та «Таблиці Шульте» відповідно. Остаточні результати обчислювальних значень наведено в табл. 3.

Таблиця 3

**Оцінка ступеня втоми
за фізіологічними і психологічними показниками
працівників швейного цеху ТОВ «Силует»**

Порядковий номер	Зміна показника в кінці робочого дня, %			
	ВСМЗ	КП	ПУ	КЧЗМ
Працівник 1	7,3	6,6	8,1	4,0
Працівник 2	4,2	3,0	3,8	1,2
Працівник 3	23,4	22,2	18,5	9,3
Працівник 4	9,8	10,8	8,4	4,9
Працівник 5	4,1	3,5	4,2	1,0
Працівник 6	27,2	23,6	22,0	11,8
Працівник 7	18,4	8,8	10,1	5,6
Працівник 8	16,7	12,0	17,9	7,2
Працівник 9	2,5	2,8	4,1	1,5
Працівник 10	31,5	26,3	31,9	12,0
Працівник 11	6,3	8,8	10,2	4,7
Працівник 12	3,8	3,0	2,8	4,1
Працівник 13	23,4	26,3	22,1	10,1
Працівник 14	6,9	7,2	6,8	4,4
Працівник 15	6,8	6,9	8,3	3,5
Працівник 16	13,5	9,0	10,2	5,6

Отримані результати показали, що у 25 % працівників — перша ступінь втоми, у 50 % — друга ступінь і у 25 % — третя ступінь втоми. Така різноманітність результатів працівників швейного це-

ху, які виконують однакову роботу і знаходяться в однакових умовах мікроклімату зумовлена великою різницею у віці та різними фізичними станами. Вік найстаршого працівника становить 62 роки, а наймолодшого — 22. Тому і спостерігається третій ступінь втоми у найстарших, а перший — у наймолодших відповідно.

З урахуванням усіх результатів дослідження, розроблено комплекс фізичних вправ для прискорення відновлення сил і працездатності працівників швейного цеху на робочому місці. Вони не вимагають спеціального обладнання та спортивної підготовки. Комплекс складається з шістьох вправ:

1. Потягування (рис. 1. а);
2. Нахили, повороти, колові рухи голови (рис. 1. б);
3. Нахили тулуба (рис. 1. в);
4. Віброгімнастика (рис. 1. г);
5. Самомасаж м'язів шиї (рис. 1. д);
6. Обійми (рис. 1. е)

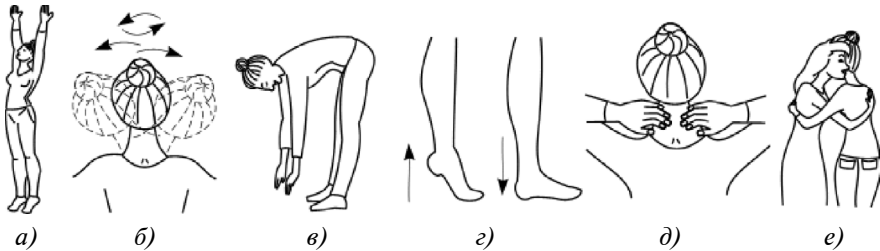


Рис. 1. Схематичне зображення комплексу фізичних вправ для прискорення відновлення сил і працездатності працівників швейного цеху на робочому місці:

а) потягування; б) нахили, повороти, колові рухи голови; в) нахили тулуба; г) віброгімнастика; д) самомасаж м'язів шиї; е) обійми

Звичайні потягування (рис. 1, а) покращують кровообіг і знімають напругу в м'язах. Вони допомагають розлабитися.

Обертання головою (рис. 1, б) сприяють збільшенню мозкового кровообігу, що, у свою чергу, підвищує тонус нервової системи, а також розумову і фізичну працездатність організму. Обертання головою (повороти, нахили, кругові рухи) потрібно виконувати плавно, в невисокому темпі.

Нахили тулуба (рис. 1, в) впливають на розвиток гнучкості, рухливості хребта, ніг, тому що сприяють розтягуванню зв'язок, а це означає анатомічну рухливість суглобів. Такі вправи справляють вплив

на покращення координації, просторових орієнтувань. Повороти, обертання частин тіла по відношенню до його центру ваги активізують роботу вестибулярного апарату, що покращує функцію рівноваги. Це значно підвищує обмінні процеси, розвиває силу м'язів.

Проста вправа, яку можуть виконувати навіть ті люди, яким заборонений біг — віброгімнастика (рис. 1, з), особливо корисна для людей з роботою в положенні стоячи та сидячі. Відчуття важкості в голові зменшується завдяки тому, що інерційні сили енергійно просувають венозну кров від голови до серця. При піднятті на носки так, щоб п'ятки відірвались від підлоги на 1 см і різкому опущенні на підлогу відчувається певний удар, струс (1 с/с). При цьому відбувається те саме, що і під час бігу — кров отримує додатковий імпульс для руху вгору [8].

Самомасаж м'язів шиї (рис. 1, д) допомагає додати бадьорості, відновити нормальний кровообіг головного мозку.

Обійми (рис. 1, е) покращують настрій, дають відчуття фізичного комфорту, допомагають боротися зі стресом і навіть нормалізують кров'яний тиск. Позитивні емоції, викликані обіймами, можуть стимулювати корисні для організму фізіологічні та біологічні процеси. Обійми значно знижують рівень стресу. Це відбувається тому, що організм починає інтенсивно виділяти досить велику кількість ендорфінів (речовини, які є знеболюючими для людини, а також викликають ейфорію). Крім того обійми позитивно діють на імунну систему, знімають зайву напругу і відчуття тривоги.

Дослідження показали, що правильне виконання комплексу вправ покращує кровообіг, знімає напругу в м'язах, пришвидшує відновлення сил працівників швейного цеху. Також вправи сприяють збільшенню мозкового кровообігу, що, у свою чергу, підвищує тонус нервової системи.

Висновки. У роботі розглянуто процес втомлюваності як соціального аспекту сучасного стану професійної діяльності.

Проведено ряд досліджень та визначено ступінь втоми кожного працівника швейного цеху за такими показниками як: витривалість відносно стандартного м'язового зусилля (ВСМЗ), критична частота злиття мерехтінь (КЧЗМ), об'єм короткотривалої пам'яті (КП) та час переключення уваги (ПУ)

Визначено ступені втоми в залежності від функціональних змін в організмі кожного працівника.

Дана робота дозволила встановити залежність ступеня втоми від таких факторів, як час інтенсивного трудового процесу, віку

працівників, фізичного стану, монотонності праці, робочої пози та умов виробничого середовища, що вже дозволило на цьому етапі досліджень розробити комплекс фізичних вправ для зняття втоми на робочих місцях, що не вимагають спеціального обладнання та спортивної підготовки.

Встановлено прискорене відновлення сил і працездатності працівників при системному виконанні розробленого комплексу.

Отримані результати підкреслюють необхідність проведення подальших досліджень в напрямку зниження впливу шкідливих виробничих факторів на психологічний і фізичний стан працівників, що, безумовно, позитивно вплине на соціальне і економічне благополуччя суспільства.

Література

1. Кучерявий В. П. Охорона праці: Навч. посібник / За ред. В. Кучерявого. Львів: Оріана-Нова, 2017. — 368 с.
2. Лавренчук Л. М. Оцінка економічної та соціальної ефективності інвестицій в охорону праці /Л. М. Лавренчук, Л. І. Микитенко // Тези доповіді XIV Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів КНУТД «Наукові розробки молоді на сучасному етапі». Том II. Київ : КНУТД. 2015. — С. 220.
3. Котик М. И. Психология и безопасность. Таллин: Валгус, 1981. — 408 с.
4. Гулий І. С. Основи валеології. Валеологічні аспекти харчування: Підручник для студ. вищ. навч. закл. / І. С. Гулий, Г. О. Сімахіна, А. І. Українець. Київ, ІНУЖТ, 2003. — 336 с.
5. Крушельницька Я. В. Філософія і психологія праці / Я. В. Крушельницька. Київ: КНЕУ, 2003. 288 с.
6. Гандзюк М. П. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський / За ред. М. П. Гандзюка. Київ: Каравела, 2011. 384 с.
7. Гігієна праці: Підручник / [А. М. Шевченко, О. П. Яворовський, Г. О. Гончарук та ін.]; за ред. проф. А. М. Шевченка. Київ. Інфотекс, 2000. 608 с.
8. Микулин А. А. Активное долголетие. Москва: Физкультура и спорт. 1977. 112 с.

Інформація про авторів: Клапцов Юрій Володимирович кандидат технічних наук, доцент, тел. (050)559-92-84

КРУЖИЛКО О. Є., докт. техн. наук, с.н.с.,

МАЙСТРЕНКО В. В., канд. техн. наук, **ЛЯХ Ю. М.**

Державна установа «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки і охорони праці», м. Київ, Україна

ПОЛУКАРОВ О. І., канд. техн. наук, доцент,

ДЕМЧУК Г. В., канд. техн. наук

Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ НАФТОГАЗОВИДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

***Анотація.** Проаналізовано стан виробничого травматизму в Україні, визначено найбільш травмонебезпечні види економічної діяльності. Більш детально проаналізовано стан виробничого травматизму на підприємствах нафтогазовидобувної промисловості. Проаналізовано основні причини, види подій та обставини нещасних випадків. Запропоновано основні напрямки удосконалення системи управління охороною праці.*

***Ключові слова:** виробничий травматизм, нафтогазовидобувна промисловість, система управління охороною праці.*

***Abstract.** The state of occupational injuries in Ukraine was analyzed, the most traumatic types of economic activity were defined. More detailed analysis of the state of occupational injuries at the enterprises of oil and gas industry was conducted. The main reasons, types of events and circumstances of accidents were analyzed. The main directions of improvement of the system of management of labor protection were offered.*

***Keywords:** occupational injuries, oil and gas industry, management system of labor protection.*

Нещасні випадки на виробництві були й залишаються величезною людською трагедією, стають причинами масштабних соціально-економічних втрат. Не зважаючи на те, що рівень виробничого травматизму протягом останніх років знизився, характерною особливістю сучасного виробництва України є шкідливі й небезпечні умови праці, а також високі професійні ризики, які в окремих галузях та видах економічної діяльності досягають неприйнятних зна-

чень, внаслідок чого рівень виробничого травматизму (зі смертельним та несмертельними наслідками) залишається достатньо високим. При цьому, рівні виробничого травматизму та професійної захворюваності залишаються найбільш важливими показниками, за якими оцінюється ефективність управління охороною праці.

Аналіз методичних підходів у сфері охорони праці показує, що бракує системного підходу до вирішення проблемних питань управління на державному рівні, не визначено технологій вибору стратегій і пріоритетів розвитку системи охорони праці, методичних основ розроблення профілактичних заходів щодо покращення її стану. Недостатнє науково-методичне забезпечення цього процесу обумовлює відсутність цільової спрямованості окремих заходів, недосконалість процесу розподілу коштів на ці заходи, виникнення необґрунтованості управлінських рішень, що приймаються.

Для ефективного управління охороною праці, вибору та застосування надійних і доступних заходів і засобів профілактики нещасних випадків на виробництві необхідно знати, які фактори, причини та джерела небезпек можуть викликати в конкретних умовах, на певному робочому місці (дільниці, підприємстві, в галузі чи державі загалом) травмування працівника. Тому виявлення, аналіз та оцінювання причинно-наслідкових зв'язків в процесі травмування є одним з найбільш актуальних завдань в охороні праці.

Проблема визначення причин виробничого травматизму є ключовою для забезпечення ефективної профілактики цього небажаного явища на всіх рівнях управління охороною праці. Для вирішення цієї проблеми вже багато зроблено найбільше з напрямків розслідування, обліку та аналізу безпосередніх причин виробничого травматизму [1]. Проте однозначних відповідей на питання, яким чином впливають на виробничий травматизм загальні характеристики виробництва, стан основних фондів, державний нагляд за охороною праці та ресурсне забезпечення потреб безпеки праці. Тобто зовнішніх факторів, потенційно спроможних впливати на виробничий травматизм, немає на сьогодні (крім загальних міркувань, що базуються на логічних узагальненнях та суб'єктивних уявленнях). У відомих нині дослідженнях та в практиці аналізу, що орієнтуються на урахування впливу зовнішніх чинників на травматизм, використовуються: співставлення динаміки внутрішнього валового продукту та рівнів травматизму, оцінювання травматизму показниками кількості травм на одиницю виробленої продукції, експертні оцінки впливу зовнішніх чинників на виробничий травматизм тощо. Тоб-

то ураховуються лише окремі характеристики зовнішніх факторів, що не дозволяє виконувати комплексне оцінювання впливу на травматизм усього спектру виробничих і соціально-економічних чинників, а це суттєво збіднює результати аналізу і не дозволяє ураховувати тенденції змін зовнішніх факторів для коригування профілактики виробничого травматизму [2].

Проблема виявлення та формування узагальнюючого показника має ту особливість, що при його формуванні необхідно ураховувати ті чи інші закономірності функціонування (наприклад, виробництва або іншого об'єкта досліджень). Виявлення цих закономірностей здійснюється переважно інтуїтивним, суб'єктивним шляхом, а тому факторний аналіз як метод отримання об'єктивного значення щодо прихованих внутрішніх причин процесів чи явищ може бути корисним і для визначення невідомих раніше закономірностей, які можна трансформувати в узагальнюючі показники.

Для ефективної профілактики виробничого травматизму вирішальне значення має визначення ймовірних причин нещасних випадків та вибір адекватних способів реагування на них шляхом запровадження відповідних заходів і засобів з охорони праці. Очевидна на перший погляд схема попередження виробничих травм при детальному аналізі переростає в одну з основних проблем безпеки праці — проблему визначення зв'язків між ризиками (загрозами, небезпеками) травмування та заходами, що можуть його зменшити або нейтралізувати повністю.

При вирішенні цієї проблеми виділяються два підходи — емпіричний, що застосовується в управлінні охороною праці практикуючими фахівцями з охорони праці та менеджерами підприємств і аналітичний, на основі теоретичних розробок та математичних моделей. Завдання, що вирішуються за допомогою обох підходів — в умовах обмежених ресурсів вибрати такі заходи й засоби з охорони праці, що найбільшою мірою сприяли б зниженню ризиків травмування на виробництві [1]. При емпіричному підході застосовуються переважно методи суб'єктивного вибору рішень, що базуються на інтуїції особи, відповідальності за прийняття рішення, логічному аналізу стану техніки й технологій, інформації про травматизм, його причини та заходи боротьби з ними, що застосовувалися на підприємстві у минулому або на інших підприємствах тощо. Проте, за своїм змістом, емпіричний підхід — це суб'єктивний метод з властивими для нього недоліками: невисока достовірність отримуваних оцінок та прогнозів; неможливість, у більшості випадків, вибору оптимальних з точки зору результативності та обмежень на ресурси.

Для оптимізації профілактичної діяльності у сфері охорони праці (мається на увазі профілактика виробничого травматизму) необхідні кількісні характеристики та оцінки ризиків за видами, джерелами небезпек і причинами нещасних випадків на виробництві та заходів з їх мінімізації або нейтралізації.

На жаль проблема прогнозування та оцінювання впливу окремого профілактичного заходу на стан травматизму в охороні праці остаточно не вирішена. Пояснюється це не лише відсутністю спеціальних досліджень, а й надзвичайно складним характером самої проблеми. Оскільки стан травматизму чи ризик нещасного випадку на виробництві має випадковий характер з великою долею невизначеності, то пошук та визначення зв'язків у вигляді математичних залежностей між заходами профілактичного характеру та ризиком травмування є надзвичайно складною процедурою. Тому в практиці управління охороною праці найчастіше застосовується підхід на основі логічного аналізу, суб'єктивних узагальнень. Методи формалізації та визначення зв'язків на основі математичних залежностей між характеристиками заходів з охорони праці та показниками травматизму або ризику практично не застосовуються. Є лише поодинокі спроби пошуку таких залежностей, які не дозволяють широко застосовувати їх для планування та прогнозування в управлінні безпекою праці та виробничого середовища.

Безпосереднє визначення залежності або залежностей за допомогою аналізу статистичних даних у даний час неможливо через майже повну відсутність заходів з охорони праці. Застосування даних про характер та кількісні показники профілактичних заходів на окремому підприємстві або групі підприємств для отримання таких залежностей також не вирішує проблему (вони матимуть обмежений, локальний характер). Рациональним на думку авторів є шлях, що базується на застосуванні системного підходу до профілактичних заходів.

Системний підхід до аналізу заходів з профілактики травматизму має допомогти виділити заходи, якими можна оперувати («керовані» заходи). У формалізованому вигляді зв'язок ризику травмування на виробництві із заходами профілактичного (попереджувального) характеру, можна зобразити у вигляді

$$R_s = R_m + \sum f_i(Z_i), \quad (1)$$

де R_s — ризику травмування на виробництві, R_m — некерований ризик, $f_i(Z_i)$ — функція впливу i -го заходу профілактичного (попереджувального) характеру Z_i на ризик травмування на виробництві.

Для окремого профілактичного заходу залежність (1) можна трансформувати за двома варіантами.

Перший варіант передбачає визначення впливу на загальний ризик цього заходу:

$$R_s = R_o + f_i(Z_i), \quad (2)$$

де R_o — ризик до впровадження заходу, $f_i(Z_i)$ — функція впливу i -го заходу профілактичного (попереджувального) характеру Z_i на ризик травмування на виробництві.

Другий варіант передбачає визначення впливу на ризик травмування, зумовлений конкретною виробничою небезпекою:

$$R_j = R_{o_j} + f_i(Z_i), \quad (3)$$

де R_j — ризик травмування від j -тої виробничої небезпеки після запровадження i -го профілактичного заходу, R_{o_j} — ризик травмування до запровадження i -го профілактичного заходу, $f_i(Z_i)$ — функція впливу i -го заходу профілактичного (попереджувального) характеру Z_i на ризик травмування на виробництві.

Для аналізу виробничого травматизму застосовуються різноманітні методи, опис яких наведений у підручниках та наукових виданнях з охорони праці. Найбільш відомі методи аналізу травматизму, які відображають різні аспекти цього негативного явища, можна поділити на такі групи: статистичні, топографічні, економічні, експертних оцінок та інші. Слід відзначити певну умовність такого групування, оскільки на сьогоднішній день спостерігається поєднання окремих методів аналізу травматизму. Практична діяльність в сфері охорони праці свідчить про необхідність системного підходу до аналізу виробничого травматизму, що передбачає комплексне застосування різних методів для розробки конкретних, науково-обґрунтованих рекомендацій з профілактики нещасних випадків.

Суть «пірамідального» підходу для запобігання нещасним випадкам полягає у вчасному виявленні та ліквідації причин потенційно небезпечних випадків (основи піраміди), поки вони не призвели до нещасного випадку. Так, за пірамідою Берда, 600 ліквідованих причин потенційно небезпечних випадків веде до запобігання 30 випадків пошкодження майна, 10 випадків легких травм (тимчасова втрата працездатності від 0 до 3 днів) та 1 випадку важкого травматизму (тимчасова втрата працездатності більше ніж 3

дні) [3]. Такий превентивний метод і наразі залишається найпоширенішим на підприємствах розвинених країн.

Негативним фактором при застосування піраміди травматизму стало те, що акцент непропорційно був зміщений із більш серйозних травм на менш серйозні [1, 3]. Фокусуючись на усуненні причин потенційно небезпечних випадків без наслідків, керівництво компаній очікувало і зниження кількості випадків важкого травматизму, а також смертельних випадків. Але фактично відбулося лише зниження легкого травматизму, у той час як важкий травматизм знижувався незначно, залишався стабільним або навіть зростав, що підтверджується статистичними даними.

Результати аналізу виробничого травматизму за видами економічної діяльності у 2018 році отримано дані, подані у табл. 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти травматизму за видами економічної діяльності

Вид економічної діяльності	Коефіцієнти травматизму		
	Кчз	Кчс	Кт
Вугільна промисловість	2,19	0,04	26,37
Целюлозно-паперова промисловість	0,50	0,01	25,88
Металургійна промисловість	0,35	0,03	9,55
Гірничорудна і нерудна промисловість	0,34	0,05	77,08
Машинобудування	0,17	0,02	22,43
Лісове господарство	0,15	0,06	48,67
Автомобільний транспорт	0,14	0,04	37,59
Хімічна, нафтохімічна, нафтопереробна промисловість	0,13	0,02	24,35
Виробництво деревини та виробів з деревини	0,13	0,01	23,17
Нафтогазовидобувна промисловість	0,12	0,01	11,67
Видавнича справа	0,11	0,01	106,67
Пошта, зв'язок	0,11	0,01	34,78

Коефіцієнт частоти травматизму Кчз (к-ть потерп. / середн.-облік. к-ть працюючих) * 1000).

Коефіцієнт частоти смертельного травматизму Кчс ((к-ть потерп. зі смерт. насл. / середн.-облік. к-ть працюючих) * 1000).

Коефіцієнт тяжкості травматизму Кт (к-ть людино-днів непрацезд. / к-ть потерп.).

Отримані результати свідчать про те, що за умови зниження кількості нещасних випадків основні коефіцієнти травматизму залишаються достатньо високими. Особливо це стосується таких видів економічної діяльності як гірничорудна і нерудна промисловість, лісове господарство, нафтогазовидобувна промисловість тощо.

Проаналізуємо стан виробничого травматизму у нафтогазовидобувній промисловості. У 2018 році нещасні випадки сталися унаслідок таких подій:

13 працівників (36 % від загальної кількості потерпілих) травмовано унаслідок падіння потерпілого, з яких 1 із смертельним наслідком, у тому числі: 6 — у результаті падіння потерпілого під час пересування; 6 — унаслідок падіння потерпілого з висоти;

9 — (25 %) у результаті дії предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються, у тому числі: 4 — унаслідок дії рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів;

3 — (8 %) у результаті падіння устаткування (обладнання) або їх конструктивних елементів;

3 — (8 %) унаслідок дорожньо-транспортних пригод на дорогах загального користування;

2 працівники (5,5 %) постраждали у результаті дії шкідливих і токсичних речовин;

1 — (3 %) унаслідок ураження електричним струмом (із смертельним наслідком);

1 — працівник (3 %) помер у результаті погіршення стану здоров'я;

1 — працівник (3 %) постраждав унаслідок дії підвищених температур;

1 — працівника (3 %) травмовано у результаті навмисної травми, заподіяної іншою особою;

1 — (3 %) унаслідок інших видів подій.

Основні причини настання нещасних випадків:

26 нещасних випадків (76 % від загальної кількості нещасних випадків), з яких 2 групові, сталися з організаційних причин, унаслідок яких травмовано 28 працівників (78 % від загальної кількості потерпілих), у тому числі 3 із смертельним наслідком;

1 — нещасний випадок з технічних причин, унаслідок якого травмовано 3 працівники;

1 — нещасний випадок з психофізіологічних причин, унаслідок яких травмовано 5 працівників.

Організаційні причини: невиконання вимог інструкцій з охорони праці (код класифікатора — «24.2») — травмовано 12 працівників, у тому числі 1 із смертельним наслідком; невиконання по-

садових обов'язків (код класифікатора — «24.1») — травмовано 6 працівників, у тому числі 1 із смертельним наслідком; порушення технологічного процесу (код класифікатора — «18») — травмовано 3 працівників; порушення правил безпеки руху (код класифікатора — «21») — травмовано 2 працівників; залучення до роботи працівників не за спеціальністю (професією) (код класифікатора — «17») — травмовано 1 працівника; порушення трудової і виробничої дисципліни (код класифікатора — «24») — травмовано 1 працівника; інші (код класифікатора — «25») — травмовано 3 працівників, у тому числі 1 із смертельним наслідком.

Технічні причини: відсутність проектної документації на будівництво виробничих об'єктів, споруд, обладнання, устаткування тощо (код класифікатора — «03») — травмовано 1 працівника; незадовільний технічний стан засобів виробництва (код класифікатора «06.2») — травмовано 1 працівника; незадовільний технічний стан транспортних засобів (код класифікатора — «06.3») — травмовано 1 працівника.

Психофізіологічні причини: особиста необережність потерпілого (код класифікатора — «32») — травмовано 3 працівників; незадовільні фізичні дані або стан здоров'я (код класифікатора — «29») — травмовано 1 працівника; травмування внаслідок протиправних дій інших осіб (код класифікатора — «31») — травмовано 1 працівника.

Проведений аналіз виробничого травматизму дозволяє визначити проблемні напрямки в охороні праці на підприємствах, сформувані профілактичні заходи з підвищення безпеки на робочих місцях та оцінити їх з точки зору зниження ризику нещасних випадків на виробництві.

Література

1. Водяник А. О. Методологічні основи врахування фактора ризику в профілактиці виробничого травматизму: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.01 / ННДІПБОП. Київ, 2008. — 36 с.
2. Водяник А. О. Компонентний аналіз причин виробничого травматизму. Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Гірництво». 2004. Вип. 10. — С. 115—124.
3. Богданова О. В. Проблеми використання теорії піраміди травматизму для запобігання нещасним випадкам на виробництві. Проблеми охорони праці в Україні. 2015. Вип. 29. — С. 36—47.

Інформація про авторів: Кружилко Олег Євгенович доктор тех. наук, с.н.с. email: olkruzhilko@ukr.net

ЛЕВЧЕНКО О. Г., д-р техн. наук, професор
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ
ЛУК'ЯНЕНКО А. О., канд. техн. наук
Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, м. Київ
ДЕМЕЦЬКА О. В., канд. біол. наук
Київський Міжнародний Університет, м. Київ

ЦИТОТОКСИЧНІСТЬ ЗВАРЮВАЛЬНИХ АЕРОЗОЛІВ

***Анотація.** Для визначення токсичності аерозолів, що утворюються при електродуговому зварюванні, застосовано експрес-метод визначення показників їх цитотоксичності, рівнів виділень та хімічного складу, а також їх розраховані гігієнічні показники у відповідності з міжнародним стандартом ДСТУ ISO 15011-4:2008. Показано, що для створення нових марок зварювальних електродів з поліпшеними гігієнічними характеристиками варто мати не тільки дані первинної санітарно-гігієнічної оцінки, а й результати біологічних досліджень токсичності ЗА.*

***Ключові слова:** покриті електроди, зварювальні аерозолі, шестивалентний хром, індекс цитотоксичності.*

***Annotation.** To determine the toxicity of aerosols that are forming by an electric arc welding was used an express method of determining the parameters of their cytotoxicity, levels of separations and chemical composition, as well as their calculated hygienic indicators in accordance with international standard ISO 15011-4: 2008. It was shown, that in order to create new brands of welding electrodes with improved hygienic characteristics, thou you should have not only primary sanitary-hygienic assessment data, but also results for biological toxicity studies of WA.*

***Keywords:** coated electrodes, welding aerosols, hexavalent chrome, cytotoxicity index*

Електродугове зварювання характеризується виділенням у повітря робочої зони шкідливих для організму людини аерозолів, токсична дія яких визначається хімічним складом зварювальних електродів [1]. Тому створення нових марок зварювальних матеріалів обов'язково має супроводжуватись їх первинною санітарно-гігієнічною оцінкою у відповідності з міжнародними стандартами ДСТУ ISO 15011-1:2008 [2] та ДСТУ ISO 15011-4:2008 [3]. Ці стандарти дозволяють отримати не-

обхідну інформацію про хімічний склад зварювальних аерозолів (ЗА) та орієнтовно розрахувати ризик їх шкідливої дії на організм зварника. Для створення нових марок зварювальних електродів з поліпшеними гігієнічними характеристиками варто мати не тільки дані первинної санітарно-гігієнічної оцінки, а й результати біологічних досліджень токсичності ЗА. Такі дослідження, особливо з використанням дослідних тварин, реалізуються на протязі доволі тривалого часу й потребують значних витрат.

Для оцінювання токсичної дії малорозчинних промислових аерозолів, у тому числі зварювальних, найбільше значення має така їх ключова властивість як цитотоксичність, що визначає небезпеку виникнення професійного захворювання — пневмоконіозу [4]. Цитотоксичність як властивість частинок пилу (аерозолу) є визначальним фактором для оцінювання ступеня його дії на організм людини та математичного прогнозування порівняльної небезпеки розвитку пневмоконіозу. Цитотоксичність визначає кінетику накопичення та затримки пилу в легенях і лімфовузлах людини, а також інтенсивність шкідливої дії на тканину цих органів. Цю характеристику оцінюють у різних короткочасних тестах, що пов'язано з пануючими уявленнями про ключову роль пошкодження пиловими частинками макрофагів у патогенезі силікозу та інших видів пневмоконіозу. Використовуються також тести, засновані на реєстрації феноменів активації макрофагів або на тому чи іншому поєднанні цих явищ. Проте трактування результатів тестування та їх використання для прогнозування дії аерозолів на організм часто проводяться без урахування ролі процесів активації та пошкодження макрофага як у механізмах, що лежать в основі тесту, так і в патогенезі пневмоконіозу [5].

Використання так званих альтернативних токсикологічних моделей (культур клітин, експрес-тестів та ін.) дозволяє одержувати інформацію про токсичність та небезпеку хімічних сполук і матеріалів менш затратними способами чи підходами в коротші строки та більш гуманно з позицій біоетики порівняно з традиційними методами експериментальних досліджень на лабораторних тваринах *in vivo*. У свою чергу, інформація, отримана в експериментах *in vitro*, може бути використана для скринінгу зварювальних матеріалів у якості «вектора» для проведення поглиблених експериментальних досліджень *in vivo*. Зокрема, експрес-оцінка токсичності ЗА з використанням як тест-об'єкта короткочасної суспензійної культури сперматозоїдів бика різко знижує працемісткість і вартість випробувань. Метод дозволяє оцінити сумарний

ефект від впливу на культуру всієї сукупності токсикантів, присутніх у ЗА, за біологічною дією її екстракту на тест-об'єкт за час, що не перевищує 3 години [5].

У роботі [6] було підтверджено можливість застосування зазначеної методики експрес-оцінки для порівняльної гігієнічної оцінки зварювальних електродів. При цьому було підтверджено, що токсичність ЗА, які утворюються під час зварювання високолегованих сталей, значно вища, ніж при зварюванні вуглецевих та низьколегованих сталей і, переважно, визначається вмістом у покритті електродів канцерогенного шестивалентного хрому (Cr^{6+}) та нікелю [7]. Разом з тим, як показано в роботі [8], токсичність ЗА суттєво залежить від співвідношення у складі зв'язуючого (рідкого скла) електродного покриття літію, натрію й калію (Li-Na-K), що і визначає наявність у складі ЗА канцерогенного шестивалентного хрому (Cr^{6+}).

Метою роботи було визначення за допомогою зазначених методик впливу хімічного складу Li-Na-K зв'язуючого покриття електродів для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей на цитотоксичність ЗА, що утворюються при їх застосуванні.

Відбирання проб ЗА для визначення їх санітарно-гігієнічних характеристик здійснювалось у відповідності зі стандартом [2] методом повного уловлювання аерозолі, що утворюється під час зварювання, за допомогою спеціального стенду з фільтром ФПП, встановленого на шляху руху ЗА з укриття зони зварювання. Визначали наступні показники утворення ЗА: інтенсивність виділення V_a , г/хв; питома виділення (маса ЗА, що утворюється при розплавленні кілограма зварювальних електродів) G_a , г/кг; хімічний склад ЗА, % мас.: хром шестивалентний Cr^{6+} та тривалентний Cr^{3+} , марганець Mn , нікель Ni , фтор розчинний F_p і нерозчинний $F_{\text{нр}}$.

Оцінювання токсичності здійснювали на підставі експериментально визначеного індексу цитотоксичності I_t за методикою [5] експрес-оцінки токсичності ЗА *in vitro* на серійному аналізаторі АТ-05 та (для порівняння) на основі розрахункових гігієнічних показників — граничного значення та класу ЗА згідно з ДСТУ ISO 15011-4:2008 [3]. Для цього користувались вище зазначеними показниками інтенсивності виділень ЗА V_a , мг/с та його хімічним складом у відповідності з методиками [2, 9].

Для відбирання проб ЗА використовували дослідні марки зварювальних електродів типу Э-08Х20Н9Г2Б з різним складом рідкого скла-зв'язуючого в покритті (табл. 1). Наплавлення здійснювали на пластини сталі 12Х18Н10Т постійним струмом (150 А)

зворотної полярності з використанням випрямляча ВДУ-504. Для кожного варіанта виконували мінімум три досліди.

Таблиця 1

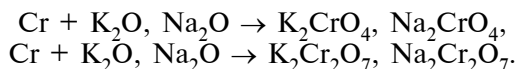
Показники виділень та хімічний склад ЗА

Вид рідкого скла (зв'язуючого покриття)	Інтенсивність виділення V_a , г/хв	Питоме виділення G_a , г/кг	Масова частка, % в ЗА					
			Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Mn	Ni	F _p	F _{np}
K—Na (0 %)	0,51	11,58	1,96	2,62	4,81	1,47	11,68	1,30
Li—Na—K (0,7 %)	0,45	10,10	1,77	2,67	5,27	1,38	10,24	1,69
Li—Na—K (1,8 %)	0,35	7,28	1,44	2,82	5,69	1,29	10,35	1,88
Li—Na (2,7 %)	0,26	5,52	0,89	3,04	5,73	1,62	11,65	1,34
Li (3,2 %)	0,20	4,52	—	3,91	5,20	1,39	5,76	1,56

Примітка. У скобках зазначена масова частка Li₂O в рідкому склі.

Отримані результати досліджень (табл. 1) показують, що застосування в покритті електродів у якості зв'язуючого Li—Na—K рідкого скла замість K—Na дозволяє (залежно від вмісту в ньому Li) приблизно у 1,2—1,5 раза зменшити показники виділень ЗА і до 1,4 раза — вміст у ньому високотоксичного шестивалентного хрому (Cr⁶⁺), а застосування Li—Na зв'язуючого дає можливість у 2 рази знизити виділення ЗА і у 2,2 рази вміст у ньому Cr⁶⁺ (рис. 1). Використання ж у покритті Li рідкого скла дозволяє зменшити виділення ЗА в 2,5 рази і запобігти утворенню в ньому Cr⁶⁺ (рис. 2).

Відсутність у даному випадку в складі ЗА Cr⁶⁺ можна пояснити хімічними властивостями рідкоземельних елементів. Відомо, що під час плавлення і утворення ЗА наявність у покритті електродів K і Na, як правило, призводить до утворення в результаті взаємодії цих речовин з хромом їх хроматів та біхроматів:



Саме ці хімічні сполуки і є надзвичайно небезпечними (канцерогенними) речовинами, які визначають у даному випадку величину токсичності ЗА. Застосування ж у покритті електродів Li₂O внаслідок особливостей його хімічних властивостей не призводить до утворення аналогічних хроматів [8, 10—12]. Утворення ж інших надзвичайно небезпечних сполук шестивалентного хрому CrO₃, окрім помірно токсичного тривалентного Cr₂O₃, також не підтверджено [13].

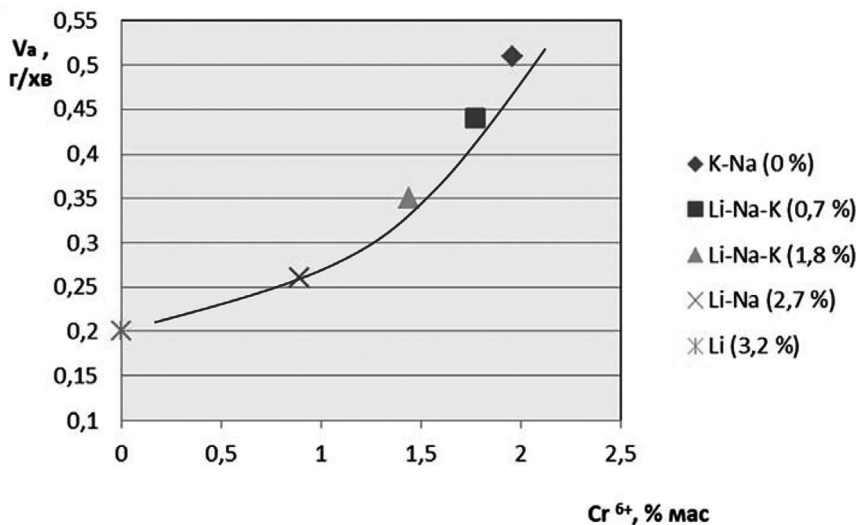


Рис. 1. Залежність інтенсивності виділення V³⁺ від вмісту в них шестивалентного хрому Cr⁶⁺ (у скобках зазначена масова частка Li₂O в рідкому склі)

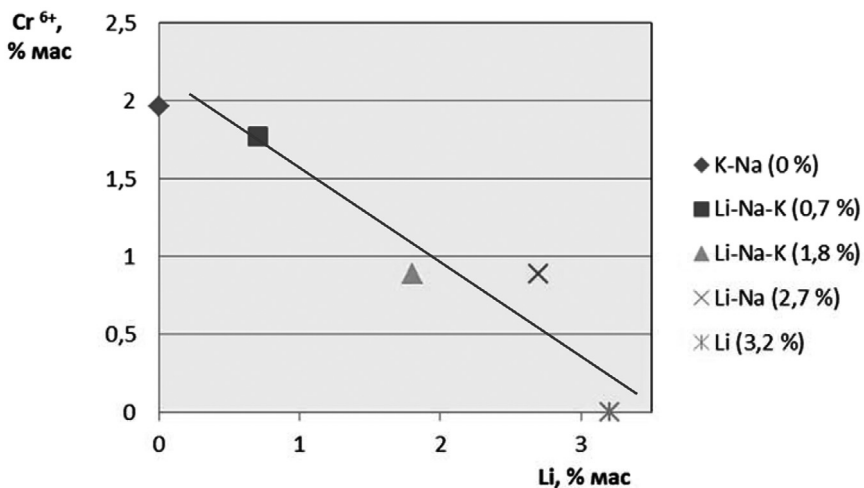


Рис. 2. Залежність шестивалентного хрому Cr⁶⁺ від вмісту літію Li в рідкому склі

Наступним етапом даної роботи було визначення впливу складу рідкого скла на величину токсичності ЗА [14]. Для цього визначили та проаналізували розрахункові показники токсичності [3]: граничне значення ЗА LVWF(A) та гігієнічний клас електродів, який, в свою чергу, визначається цим граничним значенням та інтенсивністю виділення ЗА (табл. 2), а також експериментально визначений індекс цитотоксичності.

Таблиця 2

Класифікація зварювальних матеріалів в залежності від рівня виділень і розрахункового граничного значення ЗА [3]

Граничне значення ЗАLVWF(A), мг/м ³	Інтенсивність виділення ЗА V _a , мг/с	<3	Від 3 до 8	Від 8 до 15	Від 15 до 25	>25
	Клас зварювального матеріалу	A	B	C	D	E
>4,5	5	5a	5b	5c	5d	5e
Від 3,5 до 4,5	4	4a	4b	4c	4d	4e
Від 2,5 до 3,5	3	3a	3b	3c	3d	3e
Від 1,5 до 2,5	2	2a	2b	2c	2d	2e
Від 0,5 до 1,5	1	1a	1b	1c	1d	1e
<0,5	0	0a	0b	0c	0d	0e

Результати досліджень (табл. 3) показали, що граничне значення ЗАLVWF(A) зменшується зі зростанням вмісту в покритті електродів шестивалентного хрому: воно мінімальне (0,31 мг/м³) у випадку зварювання електродами з К—Na зв'язуючим, зростає з підвищенням у ньому літію Li та має максимальну величину (0,97 мг/м³) при застосуванні в покритті рідкого скла на основі чистого літію. Мінімальне значення LV_{WF(A)} свідчить про максимальну відносну токсичність ЗА (для порівняння ЗА однієї маси) і, відповідно, максимальне — про меншу токсичність, характерну для ЗА, отриманих при зварюванні електродами з покриттям із літієм.

За встановленою величиною LV_{WF(A)} можна зробити висновок, що токсичність ЗА, отриманих при зварюванні електродами зі зв'язуючим з літієм приблизно в три рази менша, ніж ЗА, які утворюються при застосуванні Na—K рідкого скла, що пояснюється відсутністю в ЗА шестивалентного хрому (рис. 3).

Гігієнічна характеристика ЗА

Вид рідкого скла (зв'язуючого покриття)	Інтенсивність виділення $ЗАV_a$, мг/с	Граничне значення $ЗАLV_{WF(A)}$, мг/м ³	Клас електродів	Цитотоксичність I_c , %
K-Na (0 %)	8,3	0,31	0C	22,3
Li-Na-K (0,7 %)	7,5	0,33	0B	12,5
Li-Na-K (1,8 %)	5,8	0,37	0B	18,8
Li-Na (2,7 %)	4,3	0,44	0B	29,0
Li (3,2 %)	3,3	0,97	1B	66,2

Примітка. У скобках зазначена масова частка Li_2O в рідкому склі.

Що стосується гігієнічного класу електродів як узагальнюючого (практично абсолютного) показника токсичності, то він має нульове «0» значення для всіх електродів, крім електродів з літєвим зв'язуючим у покритті, який відноситься до класу 1 і свідчить про меншу токсичність ЗА. Таким чином, електроди з Na–K та Li–Na–K зв'язуючим відносяться до найгіршого гігієнічного класу, оскільки у складі ЗА, які утворюються при зварюванні ними, присутній шестивалентний хром, а електроди з літєвим зв'язуючим відносяться до менш небезпечного класу «1».

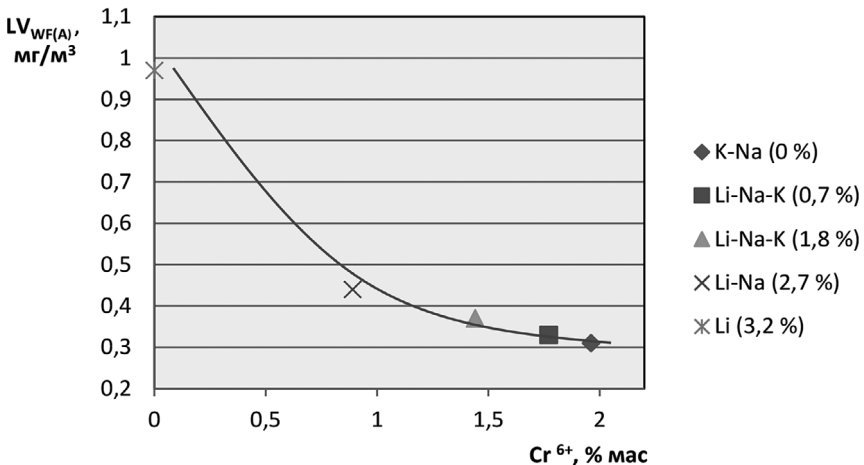


Рис. 3. Залежність граничного значення ЗА від вмісту в ньому шестивалентного хрому Cr^{6+} (у скобках зазначена масова частка Li_2O у рідкому склі)

Разом з тим, враховуючи показник інтенсивності виділення ЗА, уточнюємо до якого узагальнюючого класу електродів вони відносяться. Так, електроди з Na—К зв'язуючим покриття відносяться до найгіршого гігієнічного класу — «0С» з максимальною інтенсивністю виділення ЗА ($V_a = 8,3$ мг/с), а електроди з літєвим зв'язуючим — до найкращого в даному випадку класу ($V_a = 3,3$ мг/с). При цьому слід зазначити, що практично всі електроди для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей відносяться до класу «0», показник граничного значення LVWF(A) якого не повинен перевищувати найбільш жорстке значення $0,5$ мг/м³ (див. табл. 2) згідно стандарту ДСТУ ISO 15011-4:2008 [3]. Таким чином, для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей бажано застосовувати електроди зі зв'язуючим на основі чистого літєвого рідкого скла. Це дозволяє вийти за межі найбільш токсичного гігієнічного класу «0», тобто поліпшити гігієнічні характеристики електродів.

І нарешті, визначити числове значення токсичності ЗА дозволив показник їх цитотоксичності I_t (див. табл. 3). Так, при застосуванні в покритті електродів літєвого зв'язуючого він має максимальну величину ($I_t = 62,1$ %), що свідчить про мінімальну токсичність ЗА (оскільки при значеннях $I_t = 70$ — 120 % дослідний матеріал вважається нетоксичним). При зварюванні електродами з іншими зв'язуючими в залежності від їх складу він змінюється від $12,5$ до $29,0$ %, що свідчить про тенденцію до підвищення токсичності ЗА при зменшенні у складі рідкого скла вмісту літію. Звичайно, що це, в свою чергу, пояснюється вмістом у ЗА шестивалентного хрому: з підвищенням його концентрації у складі ЗА зменшується індекс цитотоксичності, тобто підвищується токсичність ЗА (рис. 4).

Слід зазначити, що застосування даного скринінгового методу [5] в практиці санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних електродів не дозволяє зробити однозначний висновок про залежність токсичності ЗА від вмісту в покритті Li, Na, K та шестивалентного хрому, оскільки на токсичність ЗА також впливають і інші складові покриття електродів, такі як нікель, марганець, розчинні фториди тощо.

Таким чином, враховуючи те, що стандартизовані показники ДСТУ ISO 15011-4:2008 не враховують комплексний вплив компонентів аерозолі на його токсичність і для застосування яких необхідно виконувати дорогий і трудомісткий хімічний аналіз ЗА, а також проводити складні розрахунки, для санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних електродів варто використовувати індекс цитотоксичності зварювальних аерозолів, що утворюються при застосуванні цих електродів.

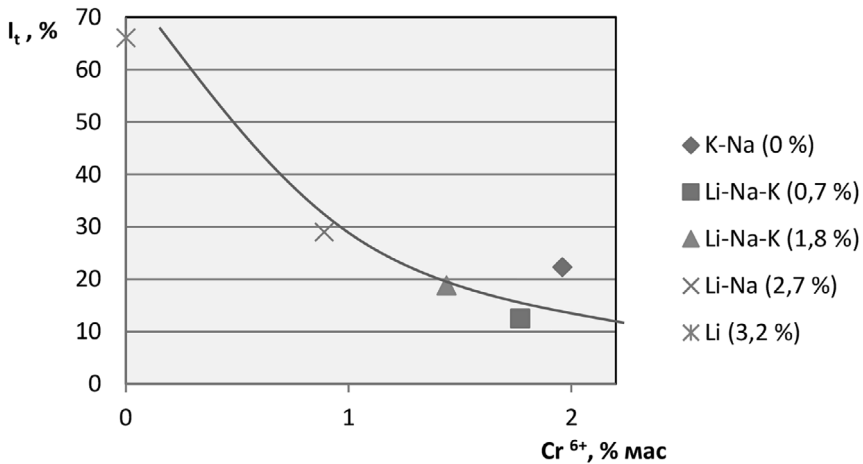


Рис. 4. Залежність індексу цитотоксичності I_t від вмісту в ЗА шестивалентного хрому Cr^{6+} (у скобках зазначена масова частка Li_2O в рідкому склі)

Висновок. Показано, що індексом цитотоксичності зварювальних аерозолів можна користуватись як показником їх токсичності. Встановлено, що даний гігієнічний показник має однозначний зв'язок зі стандартизованими розрахунковими показниками (граничним значенням ЗА) у відповідності до міжнародного методичного стандарту ДСТУ ISO 15011-4:2008, що підтверджує можливість його застосування в практиці санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних матеріалів, у всякому разі, хоча б для експертної порівняльної оцінки.

Використання відомих міжнародних стандартизованих методів санітарно-гігієнічної оцінки зварювальних матеріалів у комплексі з методом визначення індексу цитотоксичності зварювальних аерозолів дозволив установити, що застосування в покритті електродів для зварювання високолегованих хромонікелевих сталей зв'язуючого на основі чистого літійового або літій-натрій калієвого рідкого скла замість калієво-натрієвого дозволяє зменшити рівень виділення в повітря зварювального аерозолу, вміст у ньому високотоксичного шестивалентного хрому і за рахунок цього загальну його токсичність.

Література

1. Левченко О. Г. Сварочные аэрозоли и газы: процессы образования, методы нейтрализации и средства защиты. Киев: Наукова думка, 2015. — 248 с.

2. ДСТУ ISO 15011-1:2008. Охорона здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Лабораторний метод відбирання аерозолів і газів, утворюваних під час дугового зварювання. Частина 1. Визначення рівня виділень і відбір проб для аналізу мікрочастинок аерозолів [Чинний від 2008-08-15]. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. — 8 с.

3. ДСТУ ISO 15011-4:2008. Охорона здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Лабораторний метод відбирання аерозолів і газів. Частина 4. Форма для запису даних про аерозолі [Чинний від 2008-08-15]. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. — 20 с.

4. Токсикологія аерозолів / Кундієв Ю. І., Корда М. М., Кашуба М. О., Демецька О. В. Тернопіль: ТДМУ «Укрмедкнига», 2015. — 256 с.

5. Пат. 110801 України, МПК G01N33/48 (2006/01). Спосіб експрес-оцінки токсичності зварювальних аерозолів *in vitro* / О. В. Демецька, Н. С. Леоненко, В. О. Мовчан, О. Г. Левченко, А. О. Лук'яненко. Опубл. 25.10.2016. Бюл. № 20.

6. Левченко О. Г., Демецька О. В., Лук'яненко А. О. Цитотоксичність зварювальних аерозолів, що утворюються під час зварювання покритими електродами. Український журнал з проблем медицини праці. 2016. № 3(48). — С. 30—36.

7. Влияние состава основного металла и электродного покрытия на гигиенические характеристики сварочных аэрозолей / Ющенко К. А., Булат А. В., Левченко О. Г. и др. Автоматическая сварка, 2009. № 7. — С. 45—50.

8. Влияние вида связующего на технологичность изготовления и свойства покрытых электродов типа Э-08Х20Н9Г2Б / Ющенко К. А., Булат А. В., Скорина Н. В. и др. Автомат. сварка, 2017. № 1. — С. 5—13.

9. Методические указания по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы). М.: Минздрав СССР, 1990, № 4945-88. — 150 с.

10. Investigations on Chromium in Stainless Steel Welding Fumes / I. Kimura, M. Kobayashi, T. Godai [etal.]. Welding Research Supplement, 1979. № 8. — P. 195—204.

11. Aström H. Advanced development techniques for coated electrodes. Welding Review International. 1993. Vol 12, № 2. — P. 72, 74, 76.

12. Griffiths T., Stevenson A. Binder developments for stainless electrodes. Welding Review. 1989. Vol 8, № 3. — P. 192, 194, 196.

13. Левченко О. Г., Безушко О. Н. Термодинамика образования соединений хрома в сварочных аэрозолях. // Автомат. сварка. 2015. № 7. — С. 24—27.

14. Influence of Composition of Binder of Electrodes Coating on Cytotoxicity of Welding Aerosols / O. G. Levchenko, A. O. Lukianenko, O. V. Demetska, O. Y. Arlamov // Materials Science Forum. 2018. Vol. 927. — P. 86—92.

Інформація про авторі: Левченко Олег Григорович доктор техн. наук, професор. Тел. 097-6992297

НАУМОВ М. М., канд. техн. наук, доцент
РАДЧУК Д. І., канд. техн. наук, доцент
НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИБОРУ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ

***Анотація.** Наведені рекомендації щодо вибору засобів індивідуального захисту органів дихання, відповідно до ДНАОП 0.00-1.04-07 та ДСТУ EN 529:2006. Вказані основні відмінності і протиріччя алгоритмів вибору вказаних у вищезгаданих нормативних документах. Надана інформація щодо вибору і забезпечення ефективного захисту органів дихання при використанні фільтрувальних респіраторів.*

***Ключові слова:** фільтрувальний респіратор, коефіцієнт захисту, пилове навантаження, піємаска, захисна ефективність.*

***Abstract.** In the article recommendations are given for choosing of the respiratory protective devices according to DNAOP 0.00-1.04-07 and DSTU EN 529:2006. In the article described main differences and contradictions of the choice algorithms that shown in above-mentioned normative documents. Information about choosing and providing of effective respiratory protection at filtering respiratory protective devices using are given.*

***Keywords:** filtering respiratory protective device, protective coefficient, dust loading, half mask, protective efficiency.*

Охорона праці на підприємствах гірничодобувної галузі промисловості України за останнє десятиріччя суттєво погіршилася, незважаючи на низку прийнятих нормативних актів, спрямованих на покращення умов праці і запобігання професійних захворювань, удосконалення механізмів соціального захисту шахтарів: Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (зі змінами), Указ Президента України «Про структурну перебудову вугільної промисловості» від 07.02.1996 № 116/96 (втратив чинність 06.08.2005), Постанова Кабінету міністрів «Про хід структурної перебудови вугільної промисловості» від 28.03.1997 № 280 (зі змінами), Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне

страхування» від 23.09.1999 № 1105-XIV (зі змінами), Постанова КМУ «Про затвердження Програми підвищення безпеки праці на вугледобувних та шахтобудівних підприємствах» від 29.03.2006 № 374 (зі змінами).

Проте, за статистикою Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України за 2015 рік (<http://www.social.org.ua/view/5456>) найбільше професійних захворювань фіксується в галузі добувної промисловості — 77,4 % від загальної кількості по Україні. За даними Міністерства охорони здоров'я України профпатологія з пилової етімології — наслідок недосконалості технології та обладнання — 67 %, відсутності або несправності сантехустановок — 3 %, використання ЗІЗОД не за призначенням — 25 %, порушення правил техніки безпеки, режимів праці і відпочинку працівниками — 5 %. Найчастіше хворіють гірники, що найближче розташовані до джерел пилоутворення, — забійники, котрі виймають вугілля за допомогою відбійних молотків на крутих пластах (400 хворих на 10 тис. забійників); вдвічі менше — гірники очисних забоїв, втричі менше — прохідники. Серед робочих суміжних професій виявлено 43—59 випадків захворювання на 10 тис. осіб.

Зрозуміло, що в умовах економічної кризи неможливо не тільки впровадження новітніх розробок (технологій і обладнання) інноваційного рівня, а й сучасних засобів колективного захисту (систем вентиляції, вмонтованих та прилаштованих до обладнання відсмоктувачів повітря). Єдино можливе паліативне рішення — впровадження протипилових респіраторів, технічні і ергономічні характеристики котрих відповідають умовам експлуатації, а також кваліфіковане і раціональне їх використання шахтарями і робочими суміжних професій. Нажаль, згадані вище нормативні документи не дають відповіді на вельми важливі питання щодо створення безпечних умов праці, зокрема, забезпечення засобами індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) шахтарів. Очевидно, з урахуванням останнього і європейської орієнтації України тільки у 2007 році була зроблена перша, на наш погляд, не зовсім вдала спроба гармонізації вимог щодо умов ефективного захисту шахтарів: на підприємствах галузі одночасно були впроваджені ДНАОП 0.00-1.04-07 «Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання» (який видано Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду за наказом № 331 від 28.12.2007 р.), якими за-

раз користуються для вибору фільтрувальних респіраторів на гірничо-видобувних підприємствах.

В той же рік був введений в дію національний стандарт ДСТУ EN 529:2006 «Рекомендації щодо вибору, використання, догляду і обслуговування ЗІЗОД» (який затверджено наказом КМУ від 29.06.2006 № 179 «Про затвердження та скасування національних стандартів України» введено в дію 1.10.2007 р.), який чомусь був мало помічений на вугільних підприємствах, які і до сьогодні користуються ДНАОП 0.00-1.04-07.

При уважному вивченні вищеназваних документів, зацікавлений читач виявить суттєві суперечності: по-перше, у термінології, по-друге, у процедурі вибору респіратора. Наприклад, у останнього, на відмінну від ДНАОП 0.00-1.04-07 відповідно до європейської практики з'являються декілька понять коефіцієнту захисту:

- визначений коефіцієнт захисту (ВКЗ) — показує рівень захисту, що очікується реально досягти на робочому місці для 95 % відповідно тренуваних і перевічених користувачів, які використовують ЗІЗОД, що працює належним чином і правильно припасований;
- номінальний коефіцієнт захисту (НКЗ) — число отримане з максимального значення загального коефіцієнту проникнення встановленого у відповідному стандарті для визначеного класу ЗІЗОД;
- коефіцієнт захисту на робочому місці (КЗРМ) — співвідношення між концентрацією в зоні дихання і концентрацією шкідливої речовини всередині лицевої частини.

Така складна термінологія тільки одного показника викликає на перш за все необхідністю забезпечити, в умовах його нестабільності, надійний захист працівників. Так, «визначений коефіцієнт захисту» розраховується, виходячи з середніх величин коефіцієнтів захисту на робочому місці за формулою (1)

$$ВКЗ = \frac{КЗРМ_{cp}}{\sigma_z}, \quad (1)$$

де $КЗРМ_{cp}$ — середнє геометричне значення коефіцієнту захисту на робочому місці; σ — стандартне геометричне відхилення; z — коефіцієнт, що залежить від заданого довірчого інтервалу (вчені Дональд Кэмпбелл і Стивен Ленхарт, провівши статичну обробку декількох десятків звітів про заміри захисних властивостей ЗІЗОД на робочих місцях запропонували обмежити використання респіраторів, щоб у 95 % їх використання ступінь захисту була вища чим запыленість).

Зауважмо, принциповою відмінністю ДСТУ EN 529:2006 є те що для вибору респіратора після визначення мінімального коефіцієнта захисту він порівнюється не з «номінальним», а з «визначеним». Тоді як у ДНАОП 0.00-1.04-07 рекомендується все робити навпаки. Більше того, в ньому є конкретні рекомендації з використання деяких марок відомих респіраторів для заданих умов праці, що є неприпустимо, оскільки не враховується ціла низка факторів (кліматичні умови, режим праці, антропометричні властивості обличчя та інші), які можуть погіршити захисні властивості півмасок. Вибір, який базується лише на знанні номінального коефіцієнта захисту, що визначається в лабораторних умовах, призводить до завищення захисних можливостей фільтрувальних півмасок. Як результат підвищена ймовірність розвитку професійних захворювань. Хотілось би відмітити, що різниця між декларованою виробниками і реальною ступеню захисту вже давно відома вітчизняним спеціалістам із визначення пилового навантаження гірників. Ще в «Інструкції з виміру концентрації пилу в шахтах та обліку пилових навантажень», яка погоджена з Державним комітетом України із нагляду за охороною праці та введена в дію з 01.01.2003, наявність використання будь-якої марки фільтрувального респіратора враховується єдиним значенням коефіцієнту, який дорівнює 0,1(2)

$$P = 0,001kCQtN, \quad (2)$$

де P — пилове навантаження, г; k — коефіцієнт, який враховує наявність респіратора (при наявності респіратора 0,1; при відсутності 1); C — концентрація пилу в робочій зоні, мг/м³; Q — витрата повітря, дм³/хв.; t — час робочої зміни, хв.; N — кількість змін.

Аналіз сутності цього коефіцієнта, дозволяє прирівняти його до коефіцієнта проникнення ЗІЗОД. Тоді коефіцієнт захисту респіраторів, величина обернено пропорційна буде складати 10. До таких самих результатів, на основі чисельних експериментальних даних з визначення захисних властивостей півмасок на робочих місцях, прийшли у країнах Європи. Тому, в їх нормативних документах було обмежено визначений коефіцієнт захисту для респіраторів з лицевою частиною від 10 до 30 ПДК (табл. 1). Відмітимо, що останній залежить від класу захисту респіратора.

Порівнюючи вимоги наведених нормативних актів з вибору ЗІЗОД бачимо, що у ДНАОП 0.00-1.04-07 відсутня ціла низка процедур (табл. 2). Перш за все це визначення критеріїв використання респіраторів. Це призводить до того, що споживачів перш за

все цікавить ціна півмасок, а потім у всі інші показники. Зрозуміло, на існуючий підхід до вибору ЗІЗОД в деякій мірі вплинуло і те, що в ДНАОП 0.00-1.04-07 не має чіткої процедури, яка б послідовно крок за кроком дозволила визначитись з необхідним, саме для заданих умов, ефективним респіратором.

Таблиця 1

Порівняння вимог до фільтрувальних ЗІЗОД різних конструкцій щодо захисної ефективності і області використання

Тип ЗІЗОД	Коефіцієнт захисту		Обмеження визначеного коефіцієнта захисту	
	вимоги при сертифікації	мінімальні виміряні під час роботи	до 2013 р.	після 2013 р.
Півмаска з лицевою частиною (США)	≥25 000*	2.2, 2.5, 2.8, 4 ...	≤10 ГДК з 1965***	
Півмаска з лицевою частиною (Великобританія)	≥50		≤20 ГДК з 1992**	
Півмаска з лицевою частиною (Німеччина)	≥250 000*	11, 17, 24...[4]	≤50 ГДК	≤30ГДК****

Позначення: * 42 Code of Federal Register Part 84 Respiratory Protective Devices; ** BS EN 136:1998 Full face masks. Requirements, testing, marking; ***. Bureau of Mines «Respirator Approval Schedule 21B» (1965); **** DIN EN 529:2006-01 Atemschutzgeräte — Empfehlungen für Auswahl, Einsatz, Pflege und Instandhaltung — Leitfaden.

Зовсім по-іншому пропонується вибирати ЗІЗОД у ДСТУ EN 529:2006. Спочатку визначаємось з умовами праці, можливими концентраціями шкідливої речовини її коливанням, екстремальними умовами. Потім оцінюємо можливі ризики для здоров'я людини при роботі в таких умовах. І тільки після цього можна на основі отриманої інформації можна звернутись до виробника за підбором необхідної марки ЗІЗОД. Наступний крок — це обґрунтування правильності і адекватності вибору, що полягає у порівнянні мінімально необхідного ступені захисту з визначеним коефіцієнтом захисту. Крім того, обов'язково перевіряється вибраний респіратор на сумісність з виконуваною роботою, станом здоров'я працівника, кліматичними умовами, сумісність з іншими засобами захисту, що можуть бути застосовані в процесі праці.

Таблиця 2

Порівняння вимог до вибору протипилових респіраторів

№ п/п	Згідно з ДНАОП 0.00-1.04-07	Згідно з ДСТУ EN 529:2006	
	Процедура		
1	Перевірка наявності необхідної кількості кисню в повітрі робочої зони	1	Визначення критеріїв небезпечного використання
2	Визначення захисної ефективності	2	Оцінювання ризиків при використанні
3	Визначення опору диханню	3	Обґрунтування вибору
4	Визначення часу захисної дії	4	Вибір респіратора (визначення ефективності захисту і перевірка на придатність в умовах праці)
		5	Тренінг з експлуатації та обслуговування відповідно до вимог виробника

Зауважимо, що остання вимога передбачає і можливість вибору такої марки респіратора, яка б найкраще відповідала антропометричним характеристикам обличчя і забезпечувала мінімальне підсмоктування нефільтрованого повітря за смугою обтірації.

Останнє — це «тренінг з експлуатації та обслуговування», оскільки навіть для однакових умов експлуатації, різним працівникам можуть бути підібрані відмінні марки респіраторів. Ця процедура зовсім відсутня в ДНАОП 0.00-1.04-07. Однак вона є дуже важливою, навіть якісний респіратор не зможе забезпечити захист при неправильному його використанні.

Дослідження ефективності використання респіраторів на виробництві говорять, що це одна з найбільших проблем. Навіть після навчання існує близько 10 % працівників, які неправильно користуються півмасками [3], тоді що говорити коли така процедура відсутня або проводиться формально.

Висновок. Для організації ефективного захисту робітників необхідне виконання таких умов:

- розуміння керівництвом підприємства ризиків для людини пов'язаних з виробничим процесом і необхідності використання якісних респіраторів;

- гарантування керівництвом підприємства достатньої кількості ЗІЗОД для забезпечення надійного ступеню захисту;

- розуміння працівниками своєї ролі в ефективному використанні ЗІЗОД для збереження свого здоров'я;
- правильний вибір ЗІЗОД, виходячи з конкретних умов експлуатації;
- комфортність ЗІЗОД, тобто надати можливість працівникам самим вибрати собі півмаску з декількох найбільш підходящих до умов роботи;
- забезпечення якісного зберігання очищення та обслуговування ЗІЗОД.

Література

1. Нэнси Боллинджер, Роберт Шюц «Руководство по применению респираторов в промышленности NIOSH», електроний ресурс <http://www.cdc.gov/niosh/docs/87-116/pdfs/87-116.pdf>
2. Інструкція з виміру концентрації пилу на шахтах та обліку пилових навантажень // Збірник інструкцій до Правил безпеки у вугільних шатах. Затв. Наказом Мінпалевенерго України від 18.11.02 № 662. Київ. 2003. — С. 151—161.
3. Warren R. Myers; Majid Jaraiedi; Lynnette Hendricks Effectiveness of Fit Check Methodson Half Mask Respirators (Эффективность проверки правильности одевания респираторов-полумасок) Applied Occupational and Environmental Hygiene № 10(11). — Pp. 934—942 (1995).

Інформація про авторів: Наумов М. М. канд. техн. наук, доцент — mpw6854@gmail.com

Радчук Д. І. канд. техн. наук, доцент — radchuk.dm@gmail.com

ПАШКЕВИЧ К. Л., докт. техн. наук, проф.

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ

ТРЕТЯКОВА Л. Д., докт. техн. наук, проф.

ПРОКОПЕНКО І. Д., магістр

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

ЄВРОПЕЙСЬКА КОНЦЕПЦІЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ПИТАНЬ БЕЗПЕКИ

***Анотація.** У статті розглянуто систему підготовки в польських університетах фахівців з безпеки життєдіяльності та охорони праці. Наука про безпеку впроваджена як напрям підготовки з 2011 року. Студенти навчаються за спеціальностями «Національна безпека», «Внутрішня безпека», «Інженерія безпеки». За результатами навчання на першому рівні впродовж шести семестрів випускники отримують освітньо-професійний ступінь «бакалавр», на другому рівні впродовж чотирьох семестрів — ступінь «магістр».*

***Ключові слова:** університет, навчання, наука про безпеку.*

***Abstract.** The article deals with the system of training specialists in occupational safety and health management in Polish universities. The science of safety has been introduced as a training direction since 2011. Students study in the specialties «National Security», «Internal Security», «Security Engineering». As a result of studying at the first level during the six semesters, graduates will receive an educational-professional degree «bachelor», at the second level for four semesters — the master's degree.*

***Keywords:** university, education, safety science.*

Промислове виробництво країн Європейського Союзу розвивається за певними тенденціями, які зумовлено необхідністю забезпечення можливостей конкуренції з розвинутими світовими виробниками. Європейська інтеграція допомогла країнам Східної Європи досягнути успіхів у господарчому розвитку та стати джерелом добробуту для своїх громадян. Однак нові вимоги, які пов'язані з глобалізацією та зростаючих з боку інших світових виробників рівнів конкуренції, призвели до появи в країнах струк-

турних бар'єрів, які обмежують структуру промислового виробництва та темпи його зростання, а також спричиняють високий рівень безробіття. Такі чинники зумовили необхідність розробки та впровадження низки реформ у сферах освіти та підвищення кваліфікації практично в усіх країнах Східної Європи. У звіті Міжнародної комісії з проблем освіти UNESCO під час висвітлення основних завдань на перспективу у XXI сторіччі констатують, що «на порозі XXI століття державні інтереси в царині освіти повинні забезпечувати в притаманних межах особливу місію через впровадження різноманітних форм і всебічних процедур навчання, починаючи від дитинства та продовжуватися через все життя, що дасть можливість кожній особистості пізнати динаміку розвитку світу, інших людей і себе самого через послідовне з'єднання сталих фундаментальних наукових основ» [1].

Концепція європейської освіти базується на чотирьох основних аспектах: навчання — це процес, який триває впродовж усього життя кожної особистості, визначаючи її компетенції; навчати-ся потрібно для того, щоб здобути методи та знання світових трендів, розуміння потенційних викликів і загроз; навчатися потрібно для того, щоб працювати та виконувати певні завдання; навчатися — для того, щоб мати можливість забезпечити комфортний рівень життя та можливість співпраці з іншими індивідуумами на всіх рівнях діяльності. Такі чотири напрями сприяють впровадженню багатьох індивідуальних і суспільних способів розвитку. Тобто рівень знань і компетенцій, які отримує особистість у процесі навчання, визначає рівень її працевлаштування та існування.

У країнах Східної Європи (Польща, Словаччина) відбуваються зміни, які стосуються цілей і моделей навчання. Основна мета навчання полягає в спрямуванні процесу навчання на його ефект. Впроваджено єдину систему оцінки набутих знань, яка має назву Європейська кваліфікація (ERK). Кваліфікація означає затвердження та легалізацію оцінок, тобто такі формальні результати процесу навчання, які отримано відповідно до затвердженої процедури. Запроваджена процедура фіксує положення, що дана особа досягла ефекту навчання відповідно до визначених стандартів. Стандарти напрямів і спеціальностей у вищих школах Польщі і Словаччини мають п'ять ступенів (рівнів):

- навчання першого рівня передбачає підготовку за всіма напрямками (технічним, медичним, юридичним тощо). Випускники отримують ступінь бакалавра або інженера;

- навчання другого рівня — магістерське, передбачає отримання ступеню магістра;
- навчання третього рівня — докторантське, дає можливість отримати ступінь наукового доктора;
- навчання післядипломне;
- курси підвищення кваліфікації.

Концепція Європейської вищої школи (EOSW) дає можливість впровадження різноманітних програм, форм організації та методів навчання [2]. У Польщі на академічному рівні такий підхід реалізується з 2003 року під час викладання дисципліни «Керування безпекою» з подальшою підготовкою спеціалістів першого рівня за спеціальностями «Керування безпекою» та «Європейська безпека».

Випускники таких спеціальностей були підготовлені до управління на робочих місцях та окремих ділянках процесом охорони здоров'я громадян і способів збереження майна. У процесі навчання вивчено технічні та організаційні заходи щодо збереження матеріальних цінностей, визначено підходи до планування та впровадження певних доцільних заходів залежно від умов праці, виробничого процесу та цілей виробництва. Вивчено організацію та управління охоронними структурами, виконання функцій і дій в озброєних охоронних структурах. Отримано практичні навички виконання вимог безпеки, які пов'язані з охороною людей, контролюванням та наглядом працівників охорони за заходами та засобами безпеки, впровадженням засобів і використанням зброї відповідно до правових приписів. Деякі з цих програм отримали затвердження в міністерстві внутрішніх справ, що за наявності дипломів таких випускників було достатньою підставою для отримання ліцензії професійного працівника у сфері охорони людей та майна.

З 2006 року міністерство освіти та науки впровадило нові напрями підготовки відповідно до Європейського стандарту підготовки спеціалістів першого та другого рівня за спеціальностями «Національна безпека», «Внутрішня безпека», «Інженерія безпеки» та «Порятунок медичний» [3]. З 2011 року у Польщі впроваджено стандарти навчання, де визначено необхідний і достатній перелік знань, умінь, соціальної компетенції, у разі вивчення науки про безпеку в межах суспільних і технічних спеціальностей. Розглянемо основні положення стандартів з підготовки фахівців у сфері безпеки.

1. Загальні вимоги та кваліфікація випускників за спеціальністю «Національна безпека»

Тривалість навчання для випускників першого рівня не менш ніж шість семестрів. Загальна кількість годин становить не менш ніж 2 000. Кількість кредитів ECTS (European Credit Transfer System) не менш ніж 180.

Розглянемо основні вимоги щодо кваліфікації, яку отримають студенти у процесі навчання. Випускники повинні знати загальні базові наукові дисципліни в сфері юридичних і суспільних наук і мати уміння використовувати отримані знання в професійній діяльності та житті зі збереженням етичних принципів. Повинні розуміти та вміти аналізувати і використовувати положення чинних стандартів та юридичних документів, які стосуються національної безпеки, процедури безпеки, правил поведінки та методів керування в надзвичайних і кризових ситуаціях на глобальному, загальнодержавному, регіональному та місцевому рівнях. Повинні знати техніко-організаційні заходи та засоби безпеки та методи їх впровадження. Повинні знати основи функціонування державних і відомчих підрозділів безпеки та цивільного захисту. Повинні вміти вирішувати професійні завдання, зосереджуючись на придбанні, впровадженні та надаванні інформації з використанням новітніх технологій. Випускники повинні знати та вміти брати участь у колективній роботі з дотриманням етичних принципів. Фахівці з питань реалізації безпеки життєдіяльності повинні мати такі етичні принципи:

- сумлінність: поводитися відповідно до етичних принципів і діяти, виходячи з добрих намірів, інтелектуальної чесності та справедливості;
- підзвітність: нести відповідальність за свої дії, рішення та їх наслідки;
- незалежність і неупередженість: діяти винятково в інтересах людини та відповідно до державних нормативних документів. Особисті погляди та переконання не повинні перешкоджали дотриманню офіційних зобов'язань;
- повага: поважати гідність, честь, рівність, різноманіття і приватне життя усіх людей;
- вірність професійним зобов'язанням: проявляти високий рівень професіоналізму та вірність цілям роботи.

Студенти здають екзамен з іноземної мови та повинні показати знання на рівні B2 відповідно до Європейської системи оцінки вивчення мови та вміти використовувати іноземну спеціальну термінологію, яка необхідна для виконання професійної діяльності. Випускника потрібно підготувати до праці в державних

структурах, які виконують функції організації безпеки населення і виробничих об'єктів або у складі сил критичного реагування. Студенти, які закінчили перший рівень навчання, є приготвлені до вимог навчання на другому рівні.

Навчання другого рівня триває не менше ніж чотири семестри. Загальна кількість годин становить не менш ніж 800. Кількість кредитів ECTS — не менш ніж 120.

Випускними повинні отримувати розширені знання порівняно з навчанням на першому рівні, які стосуються знань та умінь з питань безпеки та керування в надзвичайних ситуаціях, а також у нестандартних ситуаціях. Студентам потрібно надати уміння творчого розв'язання складних проблем в умовах неповної, нечіткої або імовірної інформації. Отримані знання та навички потрібно вміти використовувати в професійній діяльності з дотриманням державних норм, юридичних основ та етичних правил. Випускники повинні мати знання до роботи на керівних посадах, досконало вміти керувати колективами відповідно з етичними принципами. Випускників потрібно підготувати до роботи в науково-дослідних, освітніх та академічних установах, які займаються проблемами безпеки, а також у державних структурах на посаді керівника, який організує діяльність в області міжнародної та державної безпеки, планує та реалізує операції реагування та взаємодії в кризових і надзвичайних ситуаціях. Випускники повинні отримати поглиблені знання з базової освіти для подальшого професійного розвитку та бути підготовленим до прийняття дослідницьких викликів і продовження навчання в освітніх закладах третього рівня (докторантських).

Спеціалізацію «Національна безпека» впроваджено у 55 базових навчальних закладах першого рівня, а також у 37 навчальних закладах другого рівня. Відповідно до вимог стандарту навчання та, відповідаючи на очікування на ринку праці, кількість випускників першого рівня з напрямом загально-академічним дорівнює кількості випускників підготовки з практичним напрямом. Більшість дисциплін (до 55 %), які вивчають у ході підготовки фахівців з «Національної безпеки», належать до дисциплін суспільних, 25 % — до гуманітарних наук і 20 % — до юридичних наук.

2. Загальні вимоги та кваліфікація випускників за спеціальністю «Внутрішня безпека»

Тривалість навчання для випускників першого рівня становить не менш ніж шість семестрів. Загальна кількість годин — не менш ніж 2 000 годин. Кількість кредитів ECTS — не менш ніж 180.

Випускники повинні знати загальні базові наукові дисципліни в сфері юридичних, суспільних наук, які створюють базу для розуміння основ внутрішньої безпеки. Вони повинні розуміти та вміти аналізувати явища, які відповідно до державної класифікації, пов'язані з безпекою на глобальному, державному, регіональному та місцевому рівнях. Випускники повинні мати основи знань у царині суспільних прав людини та функціонування держави, її внутрішнього устрою та структурованості: розподіл влади у державі; завдання та засади функціонування органів влади; роль державної адміністрації, яка відповідає за внутрішню безпеку. Випускники повинні знати вимоги, які пов'язані з внутрішньою безпекою, мати знання юридичної регуляції прав та обов'язків у цій сфері. Вони отримують знання базових положень, щодо функціонування державних інституцій, та проблематику вимог у надзвичайних і критичних ситуаціях. Випускники повинні мати уміння розв'язувати прості професійні проблеми та брати участь у колективній праці. Вони повинні вміти:

- керувати невеликими колективами;
- спілкуватися з колегами у виробничих умовах;
- збирати, систематизувати, перетворювати та передавати інформацію.

Студенти здають відповідний екзамен з іноземної мови та повинні показати знання на рівні B2 Європейської системи оцінок вивчення мови та вміти використовувати іноземну мовну спеціальну термінологію, яка необхідна для виконання професійної діяльності. Випускників потрібно підготувати до праці у державних адміністраціях зі скеруванням на організаційні відділи або до державних служб, які відповідають за внутрішню безпеку. Студенти, які закінчили перший рівень навчання, мають бути приготувані до вимог навчання на другому рівні.

Навчання другого рівня триває не менш чотирьох семестрів. Загальна кількість годин становить не менш ніж 800. Кількість кредитів ECTS — не менш ніж 120.

Випускники повинні мати поглиблені знання у сфері соціально-психологічних проблем та умов виникнення внутрішньої конфронтації між окремими елементами системи на тлі змінних внутрішніх протиріч та оцінити їх вплив на стан внутрішньої безпеки. Вони повинні мати знання та уміння абстрактного сприйняття ідеї безпеки та вибору певних та оптимальних за даних обставин способів прийняття рішень і правил поведінки. Повинні вміти оціни-

ти ризики і передбачити наслідки від прийнятих рішень. Випускники повинні мати навички розв'язання покладених на них професійних проблем, які виникають у межах їх компетенції. Керувати з впровадженням креативних методів, брати участь у колективній праці та мати практичний досвід керування колективами. Випускники повинні вміти обґрунтовувати необхідність прийняття певних рішень у колективі та понести відповідальність за діяльність невластиву або помилкову. Випускників потрібно підготувати до праці на керівних посадах у державних адміністраціях, звертаючи особливу увагу на роботу в організаційних структурах державних служб, які відповідають за внутрішню безпеку. Випускники повинні отримати поглиблені знання з базової освіти для подальшого професійного розвитку та бути підготовленими до прийняття дослідницьких викликів і продовження навчання в освітніх закладах третього рівня (докторантських).

Спеціальність «Внутрішня безпека» вивчають у 95 групах першого рівня, а також у 32 групах другого рівня. Відповідно до вимог стандарту навчання та, відповідаючи на очікування на ринку праці, кількість випускників першого рівня з напрямом загальноакадемічним становить 44 групи, кількість груп з практичним напрямом підготовки становить 40 груп та зі змішаною формою навчання — 39 груп. Більшість дисциплін (до 75 %), які вивчають у процесі підготовки фахівців з дисципліни «Внутрішня безпека», належать до суспільних дисциплін, 15 % — економічних; 10 % — юридичних.

3. Загальні вимоги та кваліфікація випускників за спеціальністю «Інженерія безпеки»

Тривалість навчання для випускників першого рівня не менш ніж сім семестрів. Загальна кількість годин становить не менш ніж 2 500. Кількість кредитів ECTS — не менш ніж 210.

Випускники повинні мати знання з таких дисциплін:

- загальні базові технічні дисципліни;
- промислова безпека, а саме з безпеки експлуатації машин, які рухаються та обертаються, електро- і теплотехнічного устаткування та іншого технічного обладнання;

- організація безпеки в умовах промислового виробництва;
- способи комунікації з внутрішнім і зовнішнім оточенням;
- юридична та економічна проблематика.

Випускники повинні мати уміння:

- в організації безпечної праці;
- в організації рятувальних, аварійних і після аварійних робіт;

- впровадження заходів, які запобігають виникненню небезпеки на робочих місцях, нещасним випадкам та аваріям;
- способи створення безпечних умов праці;
- проводити моніторинг щодо рівня небезпечних і шкідливих виробничих чинників на робочих ділянках;
- аналізувати рівень небезпек і ризиків;
- контролювати виконання положень нормативних документів щодо виробничої безпеки;
- контролювати умови праці та впроваджувати стандарти безпеки.

Випускники повинні мати практичні навички щодо:

- організації та здійснення рятувальних робіт;
- аналізу інформації щодо умов виникнення аварій і нещасних випадків;
- проведення навчання з промислової безпеки;
- виконання організаційних функцій у сфері охорони здоров'я та працездатності працівників;
- провадження документації та звітності стосовно умов праці та запобігання умов виникнення нещасних випадків та аварій.

Випускники повинні мати вміння розв'язувати прості професійні проблеми та брати участь у колективній праці.

Випускники повинні бути підготовлені:

- до виконання службових обов'язків у функціональних системах безпеки, для яких головним напрямом діяльності є охорона життя, здоров'я та рятування життя у разі настання виробничих ризиків і небезпек;
- до праці та служби у відділах охорони на промислових підприємствах;
- до праці в державних структурах, які займаються питаннями безпеки.

Студенти здають екзамен з іноземної мови та повинні показати знання на рівні B2 відповідно до Європейської системи оцінки вивчення мови та уміти використовувати іноземну мовну спеціальну технічну термінологію, яка необхідна для виконання професійної діяльності.

Студенти, які закінчили перший рівень навчання, мають бути підготовлені до вимог навчання на другому рівні.

Навчання другого рівня триває не менш ніж три семестри. Загальна кількість годин становить не менш ніж 900. Кількість кредитів ECTS — не менш ніж 90.

Випускники повинні мати поглиблені знання, порівняно з навчанням на першому рівні, з математики, технічних та економічних наук та уміння щодо вирішення проблем у сфері інженерії безпеки. Повинні уміти:

- використовувати сучасне комп'ютерне забезпечення;
- виконувати комп'ютерні, експериментальні та натурні дослідження;
- аналізувати, оцінювати та здійснювати порівняльний аналіз можливих альтернативних рішень;
- оцінити ризики та передбачити умови для прийняття рішень, особливо в надзвичайних ситуаціях;
- планувати та реалізовувати дії та процеси в сфері безпеки працівників в умовах надзвичайних ситуацій.

Випускники повинні бути підготовленими до прийняття рішень з урахуванням технічних і логістичних умов, на підставі юридичних норм та адміністративних розпоряджень в умовах можливого стресу, особливо в небезпечних ситуаціях. Повинні усвідомлювати відповідальність за прийняті рішення. Повинні приймати рішення відповідно до положень професійної етики.

Випускники повинні бути підготовлені:

- до праці або служби у відділах з безпеки на виробництвах;
- до праці в структурах державних адміністрацій, робота яких скерована на реалізацію заходів безпеки.

Упродовж п'яти років спеціальність «Інженерія безпека» вивчають у 27 групах першого рівня, а також у 12 групах другого рівня. Групи проводять навчання за технічними напрямами підготовки, які орієнтовано на механічні спеціальності, інженерію продукції; проектування та експлуатацію механізмів; інженерію гірництва та геології. У ході навчання студенти вивчають математику, технічні дисципліни, хімію, соціальні дисципліни, економіку.

Висновок. У вищих школах Польщі та Словаччини напрями підготовки фахівців визначено відповідно до вимог європейських стандартів освіти та особливостей національних умов, які виникають на ринку праці. Нині спеціалістів першого рівня з освітньою кваліфікацією «бакалавр» або «інженер» і другого рівня «магістр» з питань безпеки готують за спеціальностями «Національна безпека», «Внутрішня безпека», «Інженерія безпеки».

Література

1. Навчання для демократичного громадянства в Новій Європі: Report UNESCO International Education Commission. 1998

2. On the recognition of professional qualifications: Directive 2005/36/EC of the European Parliament and of the Council of 7 September 2005.

3. Korzeniowski L. F. Edukacja dla bezpieczeństwa w polskich uniwersytetach. Krakow, EAS, 2018.

Інформація про авторів: Третьякова Лариса Дмитрівна доктор техн. наук, професор. Email: lt79@ukr.net

СТРИЛЕЦЬ В. М., д-р техн. наук, доцент
БЕЛЮЧЕНКО Д. Ю., магістр, викладач
Національний університет цивільного захисту України, м. Харків

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПОЖЕЖНИХ АВТОЦИСТЕРН

***Анотація.** Показано, що існує протиріччя між пожежними автоцистернами, для яких були розроблені існуючі керівні документи, та відповідною сучасною технікою, серед якої виділяються енергоефективні пожежні автоцистерни, так званого важкого класу. Проведені експериментальні дослідження показали, що час оперативного розгортання залежить як від рівня підготовленості особового складу, так і від класу пожежної автоцистерни.*

***Ключові слова:** автоцистерна, оперативне розгортання, розподіл часу виконання, статистичний аналіз, оперативний розрахунок*

***Abstract.** It has been shown that there are contradictions between fire truck tankers, for which existing management documents have been developed, and the corresponding modern technology, among which energy-efficient fire truck of the so-called heavy class are allocated. The conducted experimental researches have shown that the time of operational deployment depends both on the level of preparedness of the personnel and on the class of fire truck.*

***Keywords:** tank truck, operational deployment, distribution time of execution, statistical analysis, fire brigade*

Основним пожежно-рятувальним автомобілем, який використовується особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт, є автоцистерна. Проте ефективно проведення оперативної роботи особовим складом супроводжується протиріччям між тією пожежною технікою, для якої були розроблені існуючі керівні документи (в першу чергу, це АЦ-40 (131), та сучасною технікою, яка поступає на озброєння пожежно-рятувальних підрозділів.

Порівняльний аналіз структури дій перших пожежно-рятувальних підрозділів під час оперативних розгортань пожежних ав-

тоцистерн в Україні (рис. 1) та в м. Київ (рис. 2) показав, що в Києві основну частку (більше ніж 50 %) складають оперативні розгортання, пов'язані з подачею ствола (стволів) безпосередньо від пожежно-рятувального автомобіля, а в регіонах у більшості випадків (50—60 %) використовуються оперативні розгортання, пов'язані з установкою на вододжерело, що в разі збільшує час гасіння пожеж або ліквідації надзвичайних ситуацій. Це обумовлено тим, що в Києві у більшості пожежно-рятувальних підрозділів у якості першого ходу використовуються сучасні енергоефективні пожежно-рятувальні автомобілі важкого класу, тоді як в більшості регіонів для ліквідації надзвичайних ситуацій використовуються пожежні автомобілі легкого та середнього класів.

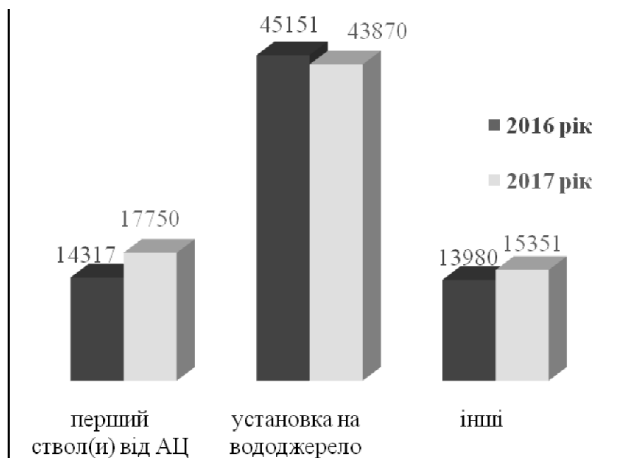


Рис. 1. Структура оперативних розгорть пожежно-рятувальними підрозділами в Україні

Аналіз останніх досягнень і публікацій показав, що у провідних країнах світу розв'язанню цього протиріччя приділено достатньо уваги. Так, у США Федеральне агентство по реагуванню на надзвичайні ситуації FEMA не тільки координує дії всіх державних служб щодо локалізації та ліквідації різноманітних ситуацій, але й безпосередньо відповідає за підготовку пожежно-рятувальних підрозділів з урахуванням, відповідно до стандарту NFPA 1500-2002 [1], як місцевих особливостей, так і пожежної техніки, яка уже є у них на озброєнні.

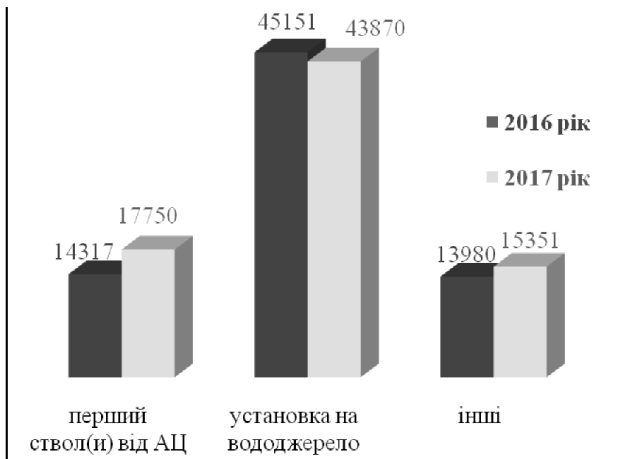


Рис. 2. Структура оперативних розгортань пожежно-рятувальними підрозділами в м. Київ

Враховуючи вимоги Кодексу поведінки пожежних, Стандарти OSHA 1910.120 [2] та OSHA 1910.156 [3], уточнюють, що персонал, який бере участь в проведенні аварійно-рятувальних робіт, повинен пройти спеціальну підготовку щодо кваліфікованого застосування специфічного для конкретної професійної пожежної станції аварійно-рятувального обладнання техніки.

Керівники як професійних, так і пожежних команд, які складаються з добровольців, повинні мати навички не тільки по виконанню безпомилкового оперативного розгортання пожежних автомобілів, які стоять у них на озброєнні, але й адаптувати їх до вимог конкретної ситуації. При цьому регламентуються часові стандарти для основних етапів реагування (у цьому разі час оперативного розгортання) як для професійних підрозділів аварійно-рятувальних формувань у відповідному населеному пункті, так і для волонтерських підрозділів.

У Німеччині технічне оснащення аварійно-рятувального формування, а відповідно типи пожежних автомобілів, визначається конкретними можливостями кожної громади або міста [13]. Базовим стандартом, як і для інших країн ЄС, є стандарт EN 1846 [14], який, серед іншого, поділяє пожежні автомобілі на три масових класи (легкий, середній та супер), з урахуванням чого, а також місцевих умов відбувається підготовка пожежного екіпажу (три пожежних) або пожежної «ескадрильї» (шість пожежних) [15].

Країною, де організація пожежної охорони вважається однією з найкращих, вважається Японія. Її підхід до роботи протипожежної служби взяли за основу в Гонконзі, Новій Зеландії, Австралії [16]. У цих країнах підрозділи Добровільного пожежного корпусу мають тільки пожежні автомобілі двох класів (малогабаритні насосні та насосні пожежні автомобілі нормального розміру) [17]. У той же час, на прикладі пожежного департаменту Токіо (до складу входять три центри протипожежного захисту, 80 пожежних станцій та 206 філіалів) [18], професійні підрозділи забезпечуються не тільки пожежними автомобілями (а їх вже сім класів, включаючи двотонні та п'ятитонні насосні танки, автодрабини та колінчасті підйомники, пожежні автомобілі для дальньої насосної подачі води тощо), але й рятувальними вантажівками трьох типів, гірничо-рятувальними автомобілями, HAZMAT вантажівками чотирьох класів, а також, з урахуванням особливостей мегаполісу, машинами швидкої допомоги, гвинтокрилами, мотоциклами та пожежними катерами. Тобто, реально використовуються автоцистерни також трьох масових класів.

Стосовно основних пожежних автомобілів аналогічна ситуація має місце і в Україні, де поряд з базовою автоцистерною АЦ-40 (131), яка відноситься до середнього класу, в пожежно-рятувальних підрозділах використовують пожежні автоцистерни МАЗ АЦ-4-60 (важкий клас) та АППД-2 «Валдай» (легкий клас). При цьому нормативні вимоги до рівня підготовленості особового складу конкретизовані тільки для бойових розгортань АЦ-40 (131) [19], хоча в країні є прийнятим рішення щодо гармонізації вимог з EN 1846 [20]. Тобто, не є відомим, чи вимагають доопрацювання чинні рекомендації по відношенню до бойових розгортань пожежних автоцистерн «легкого» та «важкого» класу. Це можна уточнити, спираючись на науково-методичний апарат обґрунтування нормативів, в основі якого лежить використання показників розподілу часу (швидкості) виконання окремих операцій та процесів, які складають загальний комплекс пожежно-рятувальних робіт [21, 22].

У зв'язку з такими розбіжностями було здійснено порівняльний аналіз виконання типових оперативних розгортань на пожежних автоцистернах трьох різних класів, у тому числі енергоефективних з точки зору ліквідації масштабних пожеж і надзвичайних ситуацій пожежних автоцистерн важкого класу. Експериментальні дослідження включали виконання рятувальниками різного рівня підготовленості оперативних розгортань «Подача ствола ГПС-600 через робочу лінію

на три рукави діаметром 51 мм від автоцистерни» (ОР1) та «Подача одного ствола «А» та одного ствола «Б» з прокладанням магістральної лінії на два рукави діаметром 77 мм та двох робочих ліній з установкою автоцистерни на пожежний гідрант» (ОР2) від автоцистерн АЦ-40 (131) модель 137А (АЦсер), МАЗ АЦ-4-60 (5309)-505м (АЦважк) та АППД-2 «Валдай» (АЦлегк).

Статистична обробка отриманих експериментальних результатів показала, що з рівнем значимості $\alpha = 0,05$ їх можна вважати нормальними. При цьому математичне очікування часу оперативного розгортання (перевірка того, наскільки значимо різняться середні значення, отримані за незалежними вибірками дослідження, виконана використовуючи t-критерій Стюдента) для однотипних варіантів суттєво відрізняється не тільки від рівня підготовленості особового складу, але й залежно від класу пожежної автоцистерни. В узагальненому вигляді отримані результати після статистичної обробки для ОР1 наведені на рис. 1, а для ОР2 — на рис. 2. Аналіз отриманих результатів показує, що загальноприйнятою тенденцією є використання в підрозділах пожежних автоцистерн трьох класів: легких, середніх та важких. Причому використання саме енергоефективних пожежних АЦ саме важкого класу дозволяє суттєво скоротити час гасіння пожеж та ліквідації НС на

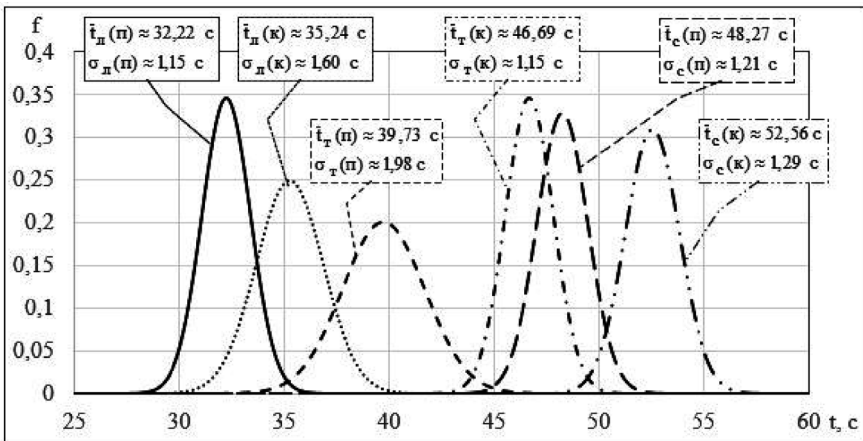


Рис. 3. Розподіли часу подачі ствола ГПС-600 через робочу лінію на три рукави діаметром 51 мм від автоцистерни
 (п — оперативне розгортання здійснювали пожежні штатних пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України;
 к — рятувальники після проходження первинної підготовки)

об'єктах критичної інфраструктури. Отримані експериментальні результати дозволяють перейти до обґрунтування конкретних рекомендацій щодо підвищення ефективності застосування енергоефективних пожежних АЦ шляхом розробки, наприклад, нових нормативів для оцінювання рівня підготовленості особового складу ДСНС України, та вдосконалення на базі цього первинної підготовки пожежних-рятувальників.

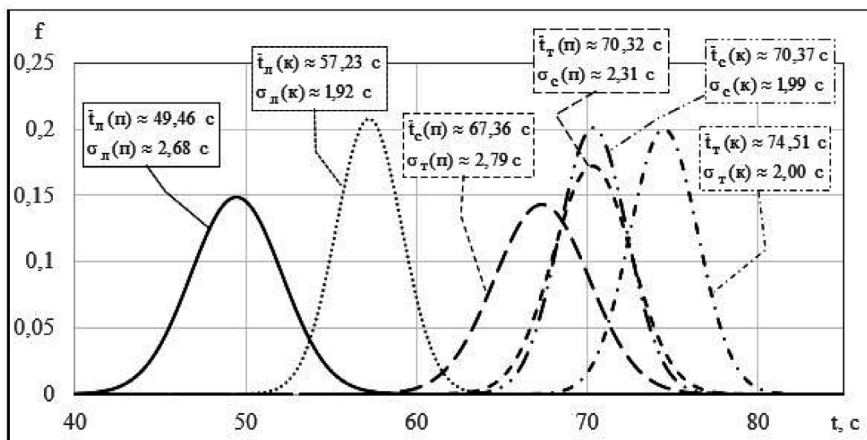


Рис. 4. Розподіли часу подачі одного ствола «А» та одного ствола «Б» з прокладанням магістральної лінії на два рукави діаметром 77 мм та двох робочих ліній з установкою автоцистерни на пожежний гідрант (п — оперативне розгортання здійснювали пожежні штатних пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України; к — рятувальники після проходження первинної підготовки)

Література

1. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. 2002 Edition. Режим доступу: <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>
2. OSHA 1910.120 Hazardouswaste operations and emergen cyresponse. Режим доступу: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owares.do_search?p_doc_type=STANDARDS&p_search_str=1910.120
3. OSHA 1910.156 Fire brigades. Режим доступу: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9810

Інформація про авторів: Стрілець В. М., доктор техн. наук, доцент

ТАІРОВА Т. М., канд. хім. наук, с.н.с.

ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці», м. Київ.

МІТЮК Л. О., канд. техн. наук, доцент

ПРАХОВНИК Н. А., канд. техн. наук, доцент

ІЛЬЧУК О. С., канд. техн. наук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

ПІДВИЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ

***Анотація.** Проведено аналіз стану результативності системи управління охороною праці в Україні. Відмічено, що високий рівень виробничого травматизму в країні пов'язаний з неефективністю системи управління охороною праці та повільними темпами адаптації національного законодавства з охорони праці до європейських вимог, відсутністю комплексного оцінювання результативності функціонування системи «охорона праці». З метою підвищення результативності функціонування системи управління охороною праці досліджено результативність функціонування її підсистеми — системи «охорона праці», побудовано математичну модель, за результатами аналізу якої розроблено заходи, спрямовані на запобігання виробничому травматизму.*

***Ключові слова:** система управління охороною праці, виробничий травматизм, результативність, математична модель.*

***Abstract.** The analysis of the effectiveness of the labor protection management system in Ukraine was carried out. It was noted that a high level of industrial injuries in the country, associated with the ineffectiveness of the labor protection management system and the slow pace of adaptation of national legislation on labor protection to European requirements, the lack of a comprehensive assessment of the performance of the «labor protection» system. In order to improve the performance of the labor protection management system, the effectiveness of the functioning of its subsystem, the «labor protection» system were investigated, the mathematical model of the «labor protection» system was built, that based on the results of analysis its subsystem. The measures to prevent industrial injuries were developed*

***Keywords:** labor protection management system, industrial injuries, effectiveness, mathematical model.*

Актуальність. Проблема виробничого травматизму в Україні як одна з найактуальніших в державі, на сучасному етапі набуває особливого значення та потребує системного вивчення впливу виробничих, соціально-економічних, правових організаційно-технічних та інших чинників на життя та здоров'я працівників у процесі трудової діяльності, з метою розроблення заходів та засобів, спрямованих на забезпечення здорових умов праці людини. Ще у 2014 році стан виробничого травматизму в Україні профспілки оцінювали як критичний, а серед багатьох факторів, що зумовлюють його високий рівень, виділяли незадовільний стан умов і безпеки праці, недостатній рівень відповідальності роботодавця за створення безпечних умов праці, великі обсяги тіньової зайнятості та приховування від розслідування значної кількості виробничих травм. Проте ситуація з року в рік майже не змінюється, а в деяких галузях, зокрема будівництві, навіть погіршується.

Для ефективного пошуку шляхів зниження рівня виробничого травматизму і розроблення інструментарію прийняття управлінських рішень як на рівні підприємства, так і на рівні держави проводяться дослідження, спрямовані на підвищення результативності системи управління охороною праці (далі — СУОП), державного управління охороною праці, стану законодавства з охорони праці та визначення впливу на рівень виробничого травматизму шкідливих та небезпечних факторів [1, 2] Науковці пропонують різні підходи до підвищення результативності СУОП, що, в основному, ґрунтуються на підвищенні ефективності управлінських рішень, при цьому акцент робиться на підвищення результативності функціонування окремих підсистем системи управління охороною праці, зокрема технічної, — шляхом удосконалення окремих вузлів обладнання, організаційної, — так званому, «людському факторі» та правової — підвищенні ефективності наглядової діяльності з охорони праці.

Проте відсутність системного підходу до дослідження системи управління охороною праці унеможливує розроблення результативних управлінських рішень та вжиття науково обґрунтованих заходів.

Основними факторами, що негативно впливають на стан охорони праці України та призводять до нещасних випадків на виробництві, до цього часу залишаються:

- висока зношеність основних засобів виробництва, не створено здорові та безпечні умови праці на кожному робочому місці;

- недостатній рівень фахової підготовки працівників з питань охорони праці та рівень контролю за станом дотримання учасниками трудового процесу вимог нормативних актів з охорони праці;
- відсутність в українському законодавстві будь-яких санкцій до роботодавців за порушення нормативних актів з охорони праці;
- недостатній рівень забезпеченості працюючих засобами індивідуального та колективного захисту;
- недостатня організація роботи з інформаційного забезпечення охорони праці.

Мета статті та наукова новизна. Метою статті є висвітлення результатів аналізу існуючого стану результативності функціонування системи управління охороною праці та розроблення пропозицій щодо його підвищення.

Матеріали та методи дослідження. Для проведення досліджень використано існуючі методи аналізу результативності системи управління охороною праці.

Результати дослідження. Оцінювання результативності функціонування системи управління охороною праці проведено шляхом порівняння показників виробничого травматизму в Україні та в країнах світу. Результати оцінки показали, що в Україні рівень смертельного травматизму є вищим ніж в країнах Європейського Союзу, США, Японії та інших (за даними Міжнародної організації праці в розрахунку на 100 тис. працівників). Так, порівняно з Німеччиною, рівень смертельного травматизму вищий у 2,5 рази, США — у 2 рази, Італією — 1,3 рази). За останні 5 років на виробництвах України загинуло більше ніж 3 000 працівників і понад 47 тисяч було тяжко травмовано. В Україні кожний 10-й нещасний випадок на виробництві — це випадок зі смертельним наслідком, а в деяких галузях, зокрема в будівництві, навіть кожен 5-й, і це при тому, що у країнах Західної Європи на 1 смертельний випадок припадає 400—1200 травмованих.

Дотепер наукові дослідження з питань оцінювання результативності функціонування СУОП на всіх рівнях управління характеризувались відсутністю єдиного підходу, не враховувався той факт, що СУОП, як і будь-яка система управління, складається з множини елементів і підсистем, і тому має досліджуватись з позицій системного підходу. Суть системного підходу полягає в пошуку простого у складному, тобто декомпозиції системи на певну кількість взаємопов'язаних елементів, та базується на загальній теорії систем, фундатором якої вважається Л. фон Берталанфі (1901—1971). До речі,

Міжнародна організація праці (МОП), всебічно обговоривши питання охорони праці, дійшла висновку про необхідність системного підходу до вирішення проблем в охороні праці, що знайшло відображення в Конвенції N155 та в Керівництві з управління системами охорони праці (МОП-СУОП 2001), які є універсальним міжнародним керівництвом з організації системи ОП на підприємствах, та в яких пропонується використання системного підходу до створення і розвитку на підприємствах системи управління охороною праці.

Саме з позицій системного підходу, який визначає «систему управління охороною праці», як цілісну єдність, утворену множиною взаємопов'язаних компонентів, при її вивченні мають досліджуватись основні її підсистеми — керуюча та керована.

Відсутність системного підходу до дослідження системи управління охороною праці на всіх рівнях управління є основною причиною низького рівня результативності СУОП в Україні, про що, перш за все, свідчать показники виробничого травматизму, які значно перевищують такі ж показники в європейських країнах. Зазначений факт знайшов відображення в Концепції реформування системи управління охорони праці, яку було схвалено розпорядженням КМУ від 12 грудня 2018 р. № 989-р., та в якій офіційно визнано, що «діюча система управління охороною праці на всіх рівнях сформована за принципом «коригувальних дій» (реактивним принципом), тобто реагування на небезпечні випадки та ситуації, а не за принципом «запобіжних дій» (проактивним), тобто профілактики небезпечних випадків та ситуацій, що унеможливає визначення пріоритетності профілактичних заходів з безпеки та гігієни праці на кожному з етапів діяльності підприємства. Такий підхід не сприяє запровадженню ефективного механізму економічного стимулювання роботодавців до створення належних, безпечних і здорових умов праці і не дає змоги роботодавцям вибирати найефективніший спосіб управління та інтегрувати систему управління охороною праці в загальну систему управління підприємством».

У Концепції зазначено, що на сьогодні в Україні діє система управління охороною праці, що сформована за часів планово-адміністративної економічної системи, яка показала свою ефективність у період монополії державної власності у всіх галузях народного господарства, планування розвитку технічних систем та значного регламентування процедур і правил, пов'язаних із засто-

суванням робочого обладнання та виконанням робіт. Жорстка регламентація правил виконання робіт і використання машин і механізмів призвела до накопичення значного обсягу нормативно-правових актів з безпеки та гігієни праці, що не дає можливості оперативно та своєчасно реагувати на швидкий розвиток технологій та економіки, характеризується неефективним використанням ресурсів, та невиконанням їх вимог в повному обсязі ні працівниками, ні роботодавцями. Як наслідок — на більшості підприємств країни не створено безпечні умови праці. Концепція стала першим нормативно-правовим актом в Україні, в якому було офіційно визнано неефективність існуючої СУОП.

Особливу роль у законодавстві майже всіх промислово розвинутих країн Європейського Союзу щодо забезпечення безпечного та здорового виробничого середовища відведено роботодавцю, який несе безпосередню відповідальність за безпеку та здоров'я працівника на виробництві та регулює питання охорони праці на підприємстві шляхом створення системи управління охороною праці, оцінки ризиків і урахування результатів цієї оцінки для коригування політики управління на більш ефективну. Проте українським законодавством з охорони праці не передбачено фінансову відповідальність роботодавця за не створення безпечних умов праці на кожному робочому місці. На тепер існуюча СУОП не дозволяє запровадити ефективний механізм економічного стимулювання роботодавців до створення безпечних і здорових умов праці, а також не дає можливості роботодавцю вибирати методику управління підприємством з урахуванням сучасних досягнень у сфері менеджменту та міжнародних стандартів у сфері управління безпекою і гігієною праці та інтегрувати таку СУОП в загальну систему управління підприємством.

Система управління підприємством розглядається як сукупність суб'єкта управління, тобто апарату, що безпосередньо здійснює процеси управління (керуючої системи), та об'єкта управління (керованої системи), що знаходяться у певному середовищі та інформативно зв'язані як між собою, так і з зовнішнім середовищем, взаємозалежні та утворюють єдине і нерозривне ціле, — цілісну систему управління. Система управління охороною праці не є виключенням, її можна розглядати, як систему, що складається з двох відносно самостійних, але органічно взаємозалежних і взаємодіючих підсистем. Саме при вивченні СУОП, з позицій системного підходу, який визначає «систему управління охороною

праці», як цілісну єдність, утворену множиною взаємопов'язаних компонентів, та передбачає декомпозицію її як системи на підсистеми, мають проводитись дослідження з оцінювання результативності її основних підсистем — керуючої та керованої.

Управління системою «охорона праці» являє собою процес формування керуючою підсистемою цілеспрямованої поведінки керованої підсистеми під впливом змін стану зовнішнього середовища, оскільки інформація про стан зовнішнього середовища та керованої системи передається до керуючої системи, яка має забезпечувати вихідні характеристики та забезпечувати стан системи «охорона праці» у заданих межах. Для здійснення керування керуюча система може вживати заходи, спрямовані як на підсилення позитивної дії або на послаблення негативного впливу того чи іншого збурюючого впливу, якого зазнав об'єкт управління (керована система). Підставою для прийняття рішень є значення показників комплексного оцінювання результативності функціонування керованої системи — системи «охорона праці», за результатами аналізу яких керуюча система розробляє заходи, спрямовані на зміну параметрів системи «охорона праці» (далі — система ОП) у певних межах.

Структуру керованої підсистеми СУОП, як об'єкта управління (система ОП), визначає Закон [1], відповідно до якого система «охорона праці» складається з множини підсистем та елементів, що знаходяться в певних зв'язках і співвідношеннях один із одним та створюють її організаційно-структурну цілісність, при цьому кожен із елементів підсистем робить свій внесок у характеристики системи (цілого) [3, 4], а саме:

- технічна — поєднує окремі технічні засоби та технологічна — предмети праці, окремі операції та процедури;
- правова — являє собою набір правил і норм, що визначають послідовність операцій у процесі виробництва і управління ними;
- організаційна — сприяє досягненню мети за допомогою управління, мотивації, координації та контролю за виконанням відповідних НПАОП, положень та інструкцій, і раціональному використанню технічних засобів, предметів праці, інформації, площ і трудових ресурсів;
- санітарно-гігієнічна — як сукупність організаційних і технічних заходів сприяє запобіганню небезпечним умовам праці для зменшення впливу на працюючих шкідливих виробничих факторів;

- економічна — це єдність господарських і фінансових процесів і зв'язків;
- соціальна — це сукупність соціальних відносин, що утворились у результаті спільної діяльності працівників.

Опис структури системи ОП та визначення її підсистем надає закон, відповідно до якого охорона праці розглядається як система, яка складається з вищезазначених підсистем, функціонування яких спрямоване на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. В узагальненому вигляді структуру системи ОП відображає вираз (1):

$$S(t) = S(E, P, T, O, G, Y, t), \quad (1)$$

де E — економічна підсистема системи ОП; P — правова підсистема системи ОП; T — технічна підсистема системи ОП; O — організаційна підсистема системи ОП; G — санітарно-гігієнічна підсистема системи ОП; Y — показник, за яким оцінюється результативність функціонування системи ОП — показник виробничого травматизму.

Математична модель системи «охорона праці» на прикладі для будівельної галузі з урахуванням математичного опису кожної підсистеми системи ОП та виявлених закономірностей впливу чинників зовнішнього і внутрішнього середовища на показник виробничого травматизму представлена рівнянням (2):

$$\begin{aligned} Y^R = & 18,1 - 0,0042x_1^2 + 0,3058x_1 - 0,0576(x_2^R)^2 + 1,0608x_2^R - \\ & - 0,0008(x_3^R)^2 + 0,3547x_3^R + 0,0002(x_2^R)^2x_1 - 0,0071x_2^Rx_1 - \\ & - 0,00138(x_3^R)^2x_2^R + 0,05373x_2^Rx_3^R + 0,00002x_1^2x_3^R - 0,00122x_3^Rx_1. \end{aligned} \quad (2)$$

Аналіз зазначеної моделі дозволяє визначити чинники, що найбільшим чином впливають на результативність її функціонування та розробити заходи, спрямовані на підвищення результативності її функціонування, шляхом посилення відповідальності працівника та роботодавця за порушення встановлених норм і правил з охорони праці.

Література

1. Про охорону праці. Закон України від 14 жовтня 1992 року // Відомості Верховної Ради України. 1992. № 49. ст. 668, в редакції від Закону від 19.12.2017 № 2249-VIII.
2. Гордієнко С. І. Тенденції розвитку законодавств України з огляду інтеграції Євросоюзу у сфері охорони праці. Вісник Чернігів-

ського національного педагогічного університету, 2015. Вип. 124. — С. 14—17.

3. Зеркалов Д. В. Охорона праці в галузі : загальні вимоги. Київ : Основа, 2011. — 124 с.

4. Концепція реформування системи управління охороною праці. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12 грудня 2018 р. № 989-п <http://yur-gazeta.com/golovna/minsocpolitiki-predstavilo-konceptsiyu-eformuvannya-sistemi-upravlinnya-ohoronoyu-praci.html>.

Інформація про авторів: Таїрова Тамара Миколаївна,
tairovatn@ukr.net

ОСТАПЕНКО Н. В., доктор техн. наук, доцент

ТОКАР Г. аспірантка

Київський національний університет технологій і дизайну, м. Київ

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТАКТИЧНИХ РЮКЗАКІВ ТА РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РЕМЕНІВ

***Анотація.** У статті проаналізовано та систематизовано різновиди існуючих тактичних рюкзаків та розвантажувальних ременів. Вивчено та узагальнено інформацію щодо конструктивно-технологічних рішень цих виробів та розроблено класифікацію їх елементів за різними ознаками. Розглянуто застосування системи модульного полегшеного спорядження для перенесення вантажу та її різновиди. Вивчено асортименту сучасних матеріалів на ринку України та за її межами для виготовлення розвантажувальних жилетів з метою системно-структурного аналізу.*

***Ключові слова:** бойове екіпірування, тактичний рюкзак, військово-службовець, зносостійкі матеріали.*

***Abstract.** The article was analysed and systematized the varieties of existing tactical backpacks and unloading belts. The information on the structural and technological decisions of these products has been studied and summarized, and the classification of their elements has been developed on various grounds. The application of the modular system of light equipment for materials handling and its variants was considered. The assortment of modern materials in Ukraine and abroad for the purpose of manufacturing of unloading vests for the purpose of system-structural analysis was studied.*

***Keywords:** Military equipment, tactical backpack, military servant, wear-resistant material*

Бойове екіпірування військовослужбовця залишається одним із найважливіших складників, які впливають на підвищення бойової ефективності та зниження втрат особового складу під час виконання бойових завдань.

Відповідно до [1] затверджено нові норми забезпечення військовослужбовців Збройних Сил України (ЗСУ) предметами бойо-

вого обмундирування та екіпірування. Проблеми оснащення військових формувань сектору безпеки та оборони новими зразками зумовлені великою кількістю наявного екіпірування, яке морально і фізично застаріло та потребує модернізації та заміни.

Сучасні вимоги до бойового екіпірування військовослужбовців і рятувальників визначено у стандартах, і серед них основними вимогами є такі: тривалий гарантований термін використання (до 6 місяців) і високий рівень надійності; зносостійкість; обмежена маса; підвищена міцністю до механічних навантажень (розриву, роздиру, проколу, стирання); вогнестійкість.

Створенням екіпірування «солдата майбутнього» займаються провідні фірми світу, які забезпечили випуск новітніх моделей: «FUTURE SOLDIER» (США), «FIST» (Великобританія), «COMFUT» (Іспанія), «FELIN» (Франція), «ПРОЕКТ ТУТАН» (Польща) [2].

Таким чином, постає нагальна потреба в оснащенні військовослужбовців і рятувальників військових підрозділів України новими комплексами бойового екіпірування (КБЕ), що забезпечать ефективне виконання поставлених завдань і дасть можливість зберегти життя та здоров'я військовослужбовців.

КБЕ військовослужбовця передбачає забезпечення сучасною зброєю, а також засобами життєдіяльності, енергозабезпечення, захисту та управління, що дає можливість підвищити ефективність їх дій під час виконання бойових завдань, зокрема, у разі порушення обміну інформацією в бою, підвищити мобільність та живучість бойових підрозділів. До складу КБЕ поряд з комплектом засобів індивідуального захисту належить бойовий індивідуальний рюкзак тактичний і розвантажувальний ремінь. OSHA 1910.156 Тактичні рюкзаки мають низку спеціальних функцій:

- здатність розширювати та збільшувати відділення для зберігання та транспортування речей;
- спеціальні системи поясної та плечової фіксації;
- відділення для документів, рацій, ноутбуків та інших гаджетів;
- спеціальні системи кріплень;
- наявність каркаса, який дає можливість зменшувати навантаження на людину та утримувати форму;
- спеціальні кріплення і карабіни для фіксації речей;
- можливість пристібати додаткові сумки і чохла.

Класифікацію різновидів тактичних рюкзаків надано на рисунку 1.

Класифікація тактичних рюкзаків

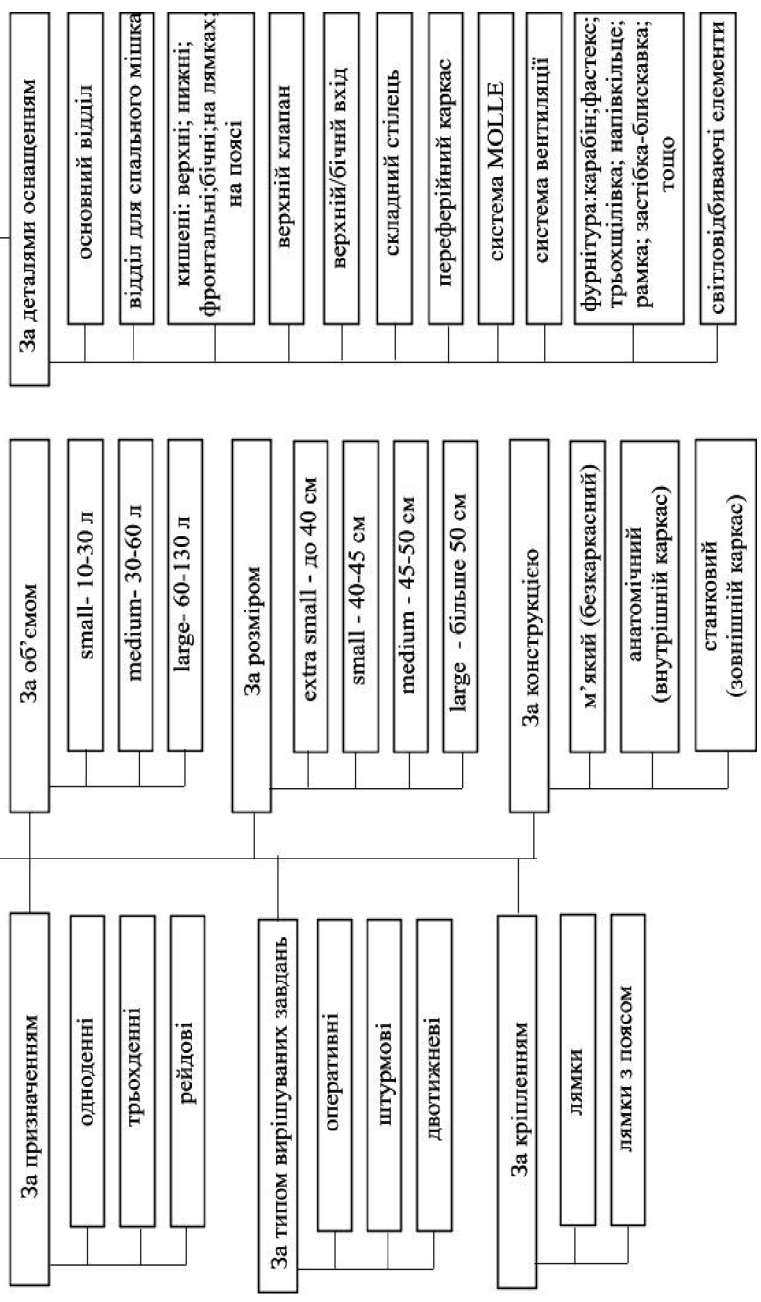


Рис. 1. Класифікація різновидів тактичних рюкзаків

Головною відмінністю сучасних тактичних рюкзаків та розвантажувальних ременів і жилетів є застосування системи модульного полегшеного спорядження для перенесення вантажу — Modular Lightweight Load-carrying Equipment (MOLLE), яка розроблена у 1998 році. Головною її перевагою є можливість індивідуального підбору та компонування елементів екіпіровки залежно від певних бойових умов. У системі MOLLE використано метод жорсткого кріплення підсумків, кобур, ножів, а також інших необхідних предметів до розвантажувальних жилетів, рюкзаків та поясів за допомогою настроєних міцних нейлонових стрічок. Завдяки такій системі військовослужбовець може знімати або замінювати підсумки, приєднувати додаткові, а також розміщувати деталі спорядження за потреби в різні місця індивідуально. Наявність модульного принципу дає можливість комплектувати жилет або рюкзак залежно від поставлених завдань, умов експлуатації, виду зброї, а також особистих потреб.

Серед різновидів MOLLE-кріплення виокремлено три основні види:

«NatickSnap» — нейлонова тасьма, яка поперемінно пропускається через комірки на жилеті та на підсумкові, для надійності застібається на кнопку (рис. 2.):



Рис. 2. Кріплення «NatickSnap»

«Malice» — полімерна кліпса, яка також пропускається через комірки на жилеті та на підсумкові, відкривається за допомогою викрутки (рис. 3):

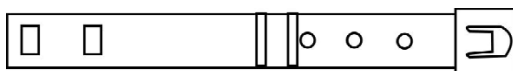


Рис. 3. Кріплення «Malice»

«Blade-techmollelok» — жорсткі смужки, які кріпляться за допомогою болтів.

«BlackhawkSpeedClips» — полімерна кліпса, швидко переплітається, але потребує додаткових комірок, що може вплинути на розміщення іншого спорядження

«Weave&Tuck» — нейлонова тасьма, яка по черзі пропускається через комірки на жилеті та на підсумкові, кінець стрічки заправляється між жилетом та підсумком.

Встановлено основні різновиди настрочування тасьми системи MOLLE на поверхню жилету або рюкзака. Відповідно стандарту ширина тасьми має бути 25 мм; ширина кроку між застрочуваними тасьмами — 25 мм (співвідношення 1:1 до ширини тасьми); ширина комірок — 35—38,1 мм (співвідношення 1,5:1 до ширини тасьми); на деталь необхідно настрочувати не менше ніж дві тасьми для забезпечення надійної фіксації) (рис. 4).



Рис. 4. Різновиди розташування тасьми системи MOLLE

Нині необхідною вимогою є зменшення маси спорядження військовослужбовця. Розробники знайшли спосіб, як втілити її й у системі MOLLE. Запропоновано замість застрочування тасьми застосовувати технологію Lasercut. Вона полягає у вирізанні лазером прямокутних отворів шириною 2 мм та довжиною 3,2 мм на додатковому шарі матеріалу, який настрочується на основний. Залежно від матеріалу потрібно застосовувати декілька додаткових шарів матеріалу та прокладати тасьму в місцях з підвищеним навантаженням. Ця технологія дає можливість зменшити масу виробів до 30 %, за одночасного підвищення працевитрат (рис. 5).

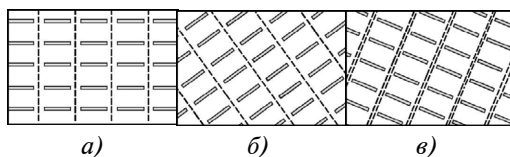


Рис. 5. Різновиди виконання системи MOLLE технологією Lasercut:

а) горизонтальне розміщення отворів; б) розміщення отворів під кутом 45°; в) розміщення отворів під кутом 30° та закріплення верхнього шару подвійною строчкою

Ця технологія виявилася настільки популярною, що спробувала потиснути практично всі способи кріплення, що застосовувались до цього (кліпси, липучки, кнопки). Сучасні військові використовують термін MOLLE не тільки як позначення конкретної розвантажувальної системи, але й у цілях ідентифікації інших си-

стем та їхніх елементів. Після появи технології MOLLE, її почали використовувати не тільки для військових цілей, але й для цивільних. Нині практично будь-яка система, що використовує у своїй технології модульну методику кріплення називається «MOLLE-сумісна». MOLLE-сумісні технології вже всесвітньо визнані та набули своє практичне застосування у виробництві рятувального, спортивного, туристичного та охоронного обладнання.

З використанням такої технології розроблено рюкзак і розвантажувальний ремінь, які призначено до забезпечення ЗСУ (рис. 6, 7).

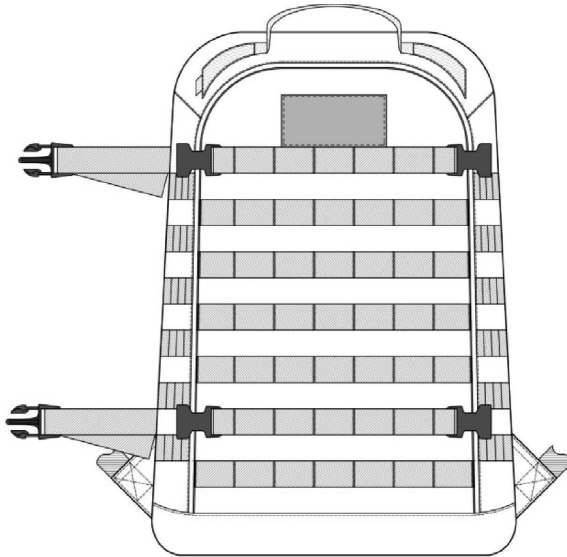


Рис. 6. Рюкзак бойовий універсальний 30 л

Військове спорядження, зокрема тактичний рюкзак та ремінь-плечова система, мають відповідати комплексу жорстких вимог: призначення, надійності, ергономічності, естетичності, технологічності, економічності та екологічності. Відповідність таким вимогам забезпечено обґрунтованим вибором матеріалів:

- матеріали верху — міцні з синтетичних волокон; стійкі до силових навантажень, з високою зносостійкістю та водонепроникні;
- матеріали підкладки — з об'ємною сітчастою структурою для забезпечення циркуляції повітря;
- матеріали прокладки — хімічні матеріали стійкі до деформації та розриву, з амортизаційними властивостями.

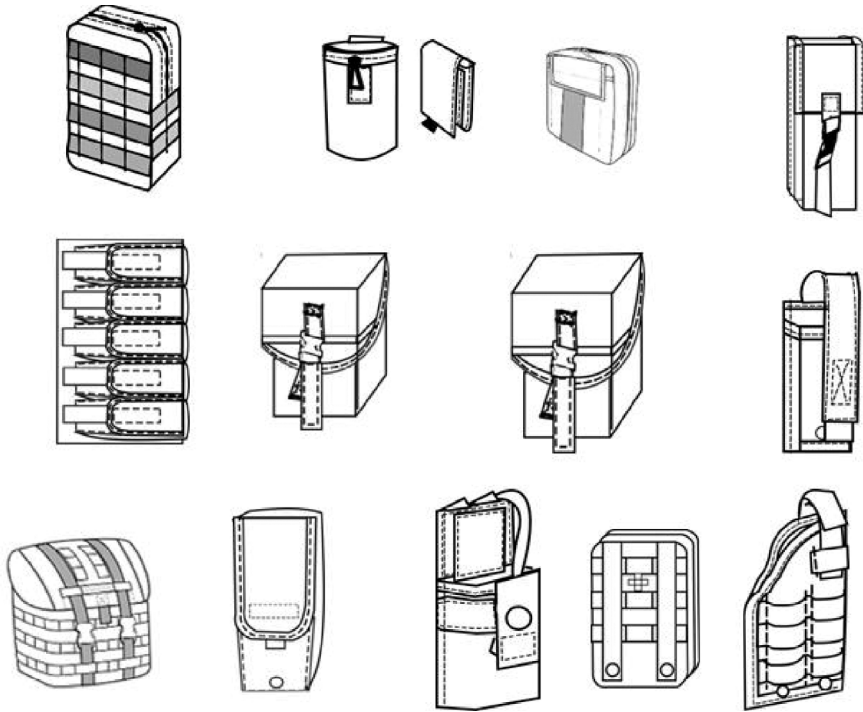


Рис. 7. Предмети, які використовуються з ремінно-плечовою системою:

1 — ремінь розвантажувальний тактичний захисний та лямки плечові розвантажувальні до ремня розвантажувального тактичного захисного; 2 — сумка-укладка медична; 3 — сумка-підсумок транспортна бойова; 4 — підсумок транспортний бойовий універсальний; 5 — сумка-підсумок розкладна універсальна; 6 — сумка-підсумок адміністративна; 7 — сумка-підсумок бойова-В; 8 — сумка-підсумок бойова-С; 9 — сумка-підсумок бойова-Г; 10 — сумка-підсумок бойова-А; 11 — сумка-підсумок бойова-К; 12 — сумка-підсумок бойова-П; 13 — сумка-підсумок бойова-Р; 14 — кобра пістолетна універсальна

Використовувані синтетичні тканини з просочуванням містять такі волокна, як нейлон, поліамід, поліефір тощо. Одним із способів просочування є безпосереднє введення в розчин полімеру наповнювача, що забезпечує стійкість до багаторазового чищення. До підкладкових матеріалів належать, об'ємна сітка з синтетичних волокон, виконана в техніці трьохвимірного переплетення з комітками різного розміру та товщини. Завдяки такій структурі забезпечується повітрообмін, амортизація, легкість, міцність, швид-

ке висихання при намоканні, довговічність. Зокрема, прокладкові матеріали — це хімічно зшитий спінений поліетилен різної товщини та густини.

Внаслідок наявності великої кількості спеціальних кишень, підсумків та інших елементів, призначених для комфортного носіння зброї та магазинів до неї, зокрема, гранат, фляги, аптечки, документів, рації, важливим є використання якісної фурнітури та ниток.

Встановлено, що різновиди тактичних рюкзаків та ремінно-плечових систем представлених на сучасному ринку, відрізняються різноманітністю конструктивних елементів, з різними видами з'єднань, поясів, синки, плечових лямок, евакуаційнихпетель. На основі аналізу конструктивно-технологічних елементів за показниками ергономічності та надійності виробу, основними ознаками яких є забезпечення статичної та динамічної відповідності виробу, формостійкості по зонам, зручності при експлуатації, регулювання по розміру та зросту, комплектність тощо. Для фіксації виробу та його регулюванні по розміру та зросту на фігурі військовослужбовця використовуються текстильна застібка та застібка типу «фастекс». Основними вимогами до них є їх безшумність під час руху та швидке одягання та знімання. Здатність матеріалів або виробу утримувати стабільну форму протягом тривалого терміну експлуатації забезпечується такими елементами, як плечові лямки та пояс. Підсумки малих розмірів кріпляться на поясі спереду або на лямках, великі підсумки на спині. Розробка модульної системи дає можливість залежно від наявного озброєння та специфіки військових операцій змінювати місце розміщення підсумків.

Висновки. Проаналізовано сучасний стан проблеми проектування тактичних рюкзаків та ремінно-плечових систем для військовослужбовців, визначено наявні різновиди за конструктивним та технологічним рішенням та сформульовано основні вимоги до їх розробки. Запропоновано модель тактичного рюкзака із застосуванням системи модульного полегшеного спорядження. На основі аналітичних досліджень систематизовано інформацію про різновиди сучасних матеріалів і запропоновано матеріали для виготовлення складових тактичних рюкзаків та ремінно-плечових систем.

Література

1. Про речове забезпечення військовослужбовців Збройних сил України. Наказ Міністра оборони України № 232 від 29.04.2016. Міністерство Оборони України, м. Київ.

2. Militarist. [Електронний ресурс]: Каталог військового спорядження. Режим доступу: <https://militarist.ua/catalog/tacticalgear/>

3. Остапенко Н. В., Колосніченко М. В., Луцкер Т. В. та ін. Дизайн-проекування виробів спеціального призначення: навч. посіб. Київ: КНУТД, 2016. — 320 с.

Інформація про авторі: Остапенко Наталія Валентинівна, доктор техн. наук, доцент. Email: ceselska@ukr.net

ЧЕБЕРЯЧКО С. І., докт. техн. наук, професор
КЛІМОВ Д. Г., аспірант каф. охорони праці та цивільної безпеки
НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро

ПРОЕКТУВАННЯ НОВИХ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ

***Анотація.** Розглянуто основні принципи проектування засобів індивідуального захисту органів дихання. Наведено сучасні підходи до побудови фільтрувального респіратору їх недоліки та шляхи удосконалення існуючого алгоритму.*

***Ключові слова:** засоби індивідуального захисту органів дихання, конструювання, смуга обтюраторії, фільтр, модель.*

***Abstract.** In the article was considered the basic principles of respiratory protective devices designing. The modern approaches for the filtering respirators designing, their deficiencies and ways of algorithm existing improving are presented in the article.*

***Keywords.** Respiratory protective devices, designing, sealing line, filter, model.*

Процес конструювання захисних засобів можна охарактеризувати як комплекс робіт з пошуку ідей, принципів, відповідних розрахунків та досліджень, спрямованих на забезпечення заданих характеристик та розроблення технічної документації, необхідної для створення та виготовлення нового продукту відповідно до вимог технічного завдання. Цей процес можна надати у вигляді п'яти стадій: проектної, підготовчої, виробничої, оцінки відповідності та поствиробничої [1]. На проектній стадії виконуються маркетингові та передпроектні дослідження, формується інформація для підготовчої стадії, на якій відбувається організаційно-економічна підготовка виробництва і підготовка матеріалів. Конструювання засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) на сьогодні у більшості випадків виконується евристичними методами, які ґрунтуються переважно на ерудиції та інтуїції розробників, досвіді попередніх розробок, баз даних про відомі аналоги. Тому його можна представити такою схемою (рис. 1):



Рис. 1. Схема процедури розробки нових ЗІЗОД

Якість конструкцій, що розробляються, як відомо, визначаються характеристиками конструктивних елементів, які повинні відповідати зазначеним вимогам, вказаним у нормативних документах. Найбільш важливими є такі [2]:

- показники призначення фільтруючих елементів, які визначаються функціональним призначенням ЗІЗОД: коефіцієнт проникання, пиломісткість;
- ергономічні показники вузлів клапанних систем вдиху-видиху, смуги обтюрації, елементів кріплення лицевої частини: опір вдиху та видиху, вміст діоксиду вуглецю у вдихуваному повітрі, відповідність лицевої частини антропометричним розмірам обличчя, поле зору, розбірливість мови;
- показники надійності (можливість збереження властивостей протягом задекларованого терміну зберігання): час захисної дії.

Досягнення заданих показників якості можливе тільки під час використання відповідних основних та допоміжних матеріалів, за умови їх переробки у вироби відповідно до розроблених технологічних прийомів з подальшим контролем отриманих технічних характеристик у процесі лабораторних випробувань, виконання коригувальних дій у разі їх відхиленні від запланованих у технічному завданні (ТЗ).

У фільтрувальних ЗІЗОД захист органів дихання забезпечується трьома процесами:

- ізолюванням органів дихання від навколишнього середовища [3, 4];
- уловлюванням аерозолів різного походження (пил, дим, туман) фільтрувальними елементами;
- очищенням повітря від газів та парів хемосорбентами, іонообмінними матеріалами, активованими вуглецевими волокнистими матеріалами та каталізаторами.

Отже, фільтруючі ЗІЗОД, відповідно до свого функціонального призначення, повинні забезпечувати очищення вдихуваного повітря від шкідливих речовин до концентрації, яка не перевищує гранично допустиму. Принцип захисту у них базується на обов'яз-

ковій ізоляції органів дихання від навколишнього середовища, використання матеріалів, що забезпечують очистку повітря від аеродисперсних часток різного походження (пил, дим, туман), газів і/або парів. У табл. 1 наведено дані стосовно підбору конструктивних елементів, респіраторів виходячи із поставленого завдання — захисту працівників від конкретного шкідливого фактору.

Як видно з табл. 1, на захисні та ергономічні властивості та надійність ЗІЗОД впливають особливості конструктивних елементів лицьової частини фільтрувальних коробок та властивості основних і допоміжних фільтрувальних матеріалів. Лицьові частини ЗІЗОД можуть бути щільноприлеглими або вільноприлеглими. До перших відносять чверть маски, що закривають рот і ніс; півмаски, що ізолюють ніс, рот і підборіддя; маски, що закривають усе обличчя: від підборіддя до границі волосяної частини на чолі від одного вуха до другого; шолом-маски, які покривають обличчя та голову повністю.

Щільноприлегли лицьові частини характеризуються наявністю смуги обтюрації, яка, як і лицьова частина, може бути виготовлена з повітронепроникного матеріалу, з фільтруючого матеріалу, або з фільтруючого у поєднанні з сорбційно-фільтруючим. У більшості випадків такі півмаски споряджені вузлами клапанів вдиху і видиху. Їх кількість залежить від конструкції виробу. Однією з обов'язкових вимог до конструкції клапанних систем є наявність захисного екрану, який захищає клапан від механічних пошкоджень. Функціональне призначення клапанних систем — зменшення об'єму шкідливого простору лицьової частини.

Вільноприлегли лицьові частини, наприклад шоломи, повинні повністю покривати голову і шийну частину, відповідно до конструкції, можуть мати один чи два обтюратори, у тому числі шийний.

Важливим конструктивним елементом ЗІЗОД є фільтри. Вони можуть утворювати лицьову частину, розташовуватись поверх каркасів, розміщуватись у корпусах змінних фільтрів або в спеціальних коробках, які приєднуються до шоломів, півмасок і панорамних масок через спеціальні з'єднання або гофрованими шлангами.

Ще одним конструктивним елементом лицьових частин ЗІЗОД є система кріплення на обличчі та голові людини. Наприклад, панорамні маски оснащені комплектом еластичних ремінців регульованої довжини, що прикріплюються по периметру маски у п'яти або шести точках, а наявність широкої смуги обтюрації та можливість регулювання натягу ремінців забезпечує надійне і достатньо комфортне утримання і при виконанні виробничих операцій.

Основні технічні завдання при розробці конструкцій ЗІЗОД

Шкідливі фактори	Конструктивні елементи фільтруючих ЗІЗОД, які забезпечують захист від шкідливих факторів і відповідність вимогам НД	Принцип дії	Матеріали	Контрольні показники
Аеродисперсні частини різного походження (пил, дим, туман), токсичні гази і пари	<ul style="list-style-type: none"> — обтюратори різних конструкцій, у тому числі шийні, — фільтруючі елементи — вузли клапанів вдиху і вдиху, — елементи фіксації 	<ul style="list-style-type: none"> — ізоляція підмаскового простору — фільтрація, у тому числі по смузі обтюраторів, герметичність за рахунок щільного прилягання пелюстка клапанів вдиху і вдиху до сідловини 	<ul style="list-style-type: none"> — повітронепроникні матеріали (гума, силікон, поліетилен та ін.); — фільтруючі матеріали (імпрегновані волокнисті хемосорбенти з індикацією «спрацьовування» поглинальної ємності, вуглецеві волокнисті матеріали, кагалазатори низькотемпературного окиснення, фільтрувальні матеріали); — допоміжні матеріали 	<ul style="list-style-type: none"> Коефіцієнт підсосу: <ul style="list-style-type: none"> — через смугу обтюраторів; — через клапани вдиху і вдиху. Коефіцієнт проникання через фільтруючий матеріал. Час захисної дії

Наведений підхід розробки ЗІЗОД довготривалий і призводить до ситуацій, коли спроектована та виготовлена півмаска морально застаріла або не відповідає швидкозмінним умовам. Тому відомі зарубіжні компанії широко використовують для проектування півмасок інформаційні технології. Алгоритм розробки нових ЗІЗОД такий [5]:

- дослідження антропометричних характеристик обличчя працівників, для чого останнім часом широко використовують 3D сканування;

- побудова цифрових моделей голови працівників декількох типорозмірів з визначеними координатами ключових параметрів, за якими будується поверхня півмасок. Найбільш суттєвими є ширина та довжина обличчя, висота носа, довжина губ;

- побудова 3D поверхні півмаски за допомогою NURBS-поверхонь, B-сплайнів або за рахунок іншого цифрового інструментарію та відповідного програмного забезпечення. Важливим етапом є уніфікація конструкцій за схожими антропометричними даними, функціональним призначенням та інше;

- підбір відповідного пакету фільтрувальних матеріалів до виготовлення півмаски, наприклад, поліфункціональних хемосорбентів для уловлювання токсичних газів та парів або фільтрів із заданим терміном захисної дії відповідно до умов експлуатації;

- розробка проектно-конструкторської документації.

Зауважуючи, що з кожним роком підвищуються вимоги до захисту працівників, а також конкурентну боротьбу між провідними виробниками засобів індивідуального захисту органів дихання за ринку збуту, цей алгоритм необхідно постійно модернізувати і удосконалювати з метою скорочення часу виготовлення півмаски і підвищення якості кінцевого продукту. Тому при розробці фільтрувальних респіраторів важливо врахувати:

- особливості формування каркасу півмаски під час визначеного впливу комплексу факторів, які б враховували зміну антропометричних характеристик обличчя працівників в тому числі за віком та статтю;

- параметри виробничого середовища (мікроклімат, якісний і кількісний склад небезпечних та шкідливих виробничих чинників (НШВЧ), властивості сучасних матеріалів;

- режими використання (тривалість, циклічність, періодичність), важкість і напруженість діяльності працівників з мінімізацією додаткових ризиків, пов'язаних з електризацією і перегріванням працівників під час виконання трудових завдань;

- взаємозв'язки між структурними елементами ЗІЗОД для забезпечення функціональної їх цілісності;

- оптимізаційні моделі ЗІЗОД за критеріями захисту, надійності та ергономічності з урахуванням вимог нормативних документів, що дає змогу подолати проблеми, які раніше не було вирішено.

Аналізуючи сучасні тенденції, можна спрогнозувати, що покращення алгоритму розробки півмасок буде відбуватись у сфері пошуку нових ефективних методів:

- швидкої обробки статистичних даних антропометричних параметрів обличчя з метою побудови аутентичної цифрової моделі голови, яка даватиме можливість врахування у цифровому зображенні зміни рис обличчя працівників за віком, статтю та національністю;

- коректної побудови 3Д поверхні півмаски, які даватиме можливість враховувати зміни індивідуальних рис людини у виготовленні обтюратора півмаски;

- перевірки якості респіраторів, на етапі розробки і на етапі виготовлення проектного зразка, що даватиме можливість вносити корективи у побудовану модель для забезпечення високої щільності прилягання;

- обрахунку часу захисної дії з урахуванням різних кліматичних та експлуатаційних параметрів, що вимагає пошуку новітніх фільтрувальних матеріалів з відповідною індикацією їх властивостей;

- теоретичного розрахунку захисної ефективності респіраторів, що дає змогу на етапі проектування оцінити захисні властивості респіраторів з урахуванням функціональних та експлуатаційних параметрів.

Застосування сучасних підходів до проектування ЗІЗОД дає можливість знизити витрати, зменшити терміни виконання конструкторських робіт, а також забезпечити швидке та якісне виготовлення оснащення.

Література

1. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования: учебное пособие / С. В. Гудков, С. И. Дворецкий, С. Б. Путин, В. П. Таров. Москва: Машиностроение, 2008. — 188 с.

2. Kirillov V. F., Bunchev A. A., Chirkin A. V. On means of individual protection of respiratory organs of the workers (literature review). FGBU «Scientific and research Institute of Labour Medicine» of Russian Academy of Medical Sciences Labour Medicine and Industrial Ecology, 2013. No. 4. — P. 25—31.

3. Kovacs L., Immermann A., Brockmann G. Three-dimensional recording of the human face with a 3D laser scanner. *Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* 2006. Vol. 59. — P. 1193—1202.

4. Gutierrez A., Galang M., Seva R., Lu C. Designing an improved respirator for automotive painters. *International Journal of Industrial Ergonomics.* 2014. Vol. 44. — P. 131—139.

5. Mang Cai, Hui Li, Shengnan Shen, Yu Wang&QuanYang (2017): Customized design and 3D printing of face seal for an N 95 Filtering Facepiece Respirator, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, DOI: 10.1080/15459624.2017.1411598.

Інформація про авторів: Чеберячко Сергій Іванович, доктор техн. наук, професор. Email: cheberiachko@ukr.net

ШИШКОВ А. В., магістр

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій.

ФОРМУВАННЯ БЕЗПЕКОВОЇ МОДЕЛІ КОМПЕТЕНТНОСТІ ПЕРСОНАЛУ ПІДПРИЄМСТВА

***Анотація.** На підставі аналізу виробничого травматизму за кілька років зроблено висновок, що основною причиною нещасних випадків є людський фактор, який зумовлений недостатнім рівнем компетенції виробничого персоналу на всіх рівнях — від працівника до роботодавця. Наведено приклад формування моделі компетентності, що показує, у який спосіб потрібно формувати такі моделі до всіх рівнів керування безпекою працівників. Запропоновано проведення оцінювання компетенції персоналу з метою з'ясування їх спроможності реалізації процесів з безпеки працівників.*

***Ключові слова:** людський фактор, безпека працівників, компетенція персоналу, оцінка компетенції.*

***Abstract.** On the basis of the analysis of occupational injuries over the years, it was concluded that the main causes of accidents are not technical reasons, but a human factor, which is caused by an inadequate level of competence of production personnel at all levels from the employee to the employer. An example of developing a model of competence is presented, which shows how to design such models for all levels of employee safety management. Proposed assessment of personnel competence to determine their ability to implement processes to ensure the safety of employees*

***Keywords:** human factor safety of employees, competence of personnel, assessment of competence.*

Аналіз виробничого травматизму показує, що найбільш травмобезпечним елементом системи «техніка — виробниче середовище — людина» є саме людина. На підставі даних, наведених у статистичному щорічнику [1], можемо сформулювати табл. 1.

З аналізу даних цієї таблиці можна зробити висновок, що працівник сам є творцем і може стати жертвою виробничих ризиків. Цей висновок легко підтверджує встановлена в різних країнах за-

Основні причини виробничого травматизму за 2014—2017 рр.

№ з/п	2014	2015	2016	2017	Примітка
	100,0	100,0	100,0	100,0	
Усього потерпілих, у тому числі за причинами, у %					
1	16,2	13,6	13,44	14,1	
Технічні причини, в тому числі:					
1.1	1,7	1,7	2,0	2,0	Помилки на стадії конструювання (проекування) або реалізації (людський фактор)
1.2	1,2	1,3	1,4	1,2	Фактично це невірні сплановані або незадовільно проведені ППР та обслуговування
1.3	5,5	5,4	4,9	6,4	Невідповідне проведення виробничих процесів (недостатня компетенція)
1.4	7,8	5,6	5,14	4,5	
2	83,8	84,4	84,56	85,9	
2.1	1,2	1,2	1,4	1,4	
2.2	0,4	0,7	0,5	0,4	
2.3	17,3	14	13,46	22,6	Тут ще треба додати психофізіологічний відбір
2.4	1,3	1,2	0,9	1,3	У тому числі й через неадекватність ЗІЗ
2.5	4,6	4,5	4,0	3,1	

Закінчення таблиці 1

№ з/п		2014	2015	2016	2017	Примітка
2.6	порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо	13,1	12,0	11,9	12,4	
2.7	порушення правил безпеки руху	5,7	6,0	7,0	7,7	
2.8	порушення трудової і виробничої дисципліни	20,0	19,2	19,6	20,0	
2.9	інші організаційні причини	19,4	24,6	24,1	23,7	
2.10	алкогольне, наркотичне токсикологічне отруєння або сп'яніння	0,8	1,2	1,2	1,0	

кономірність — причиною 70—90 % нещасних випадків і аварій є некомпетентні дії персоналу підприємства:

- самого потерпілого працівника;
- посадової особи (спеціаліста), яка повинна організовувати і керувати безпечним і нешкідливим проведенням виробничих процесів. На управлінській ланці лежить відповідальність за ефективність забезпечення безпечних умов трудового процесу;
- роботодавця, який є організатором на підприємстві всіх виробничих і пов'язаних з ними процесів, має обладнання, сировину, готовий продукт, а на період виконання трудової функції застосовує працівників, є за законом основним заподіювачем шкоди і відповідачем за виробничі ризики. На нього покладено ще й обов'язок організації робіт з охорони праці. Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці [2].

Людина схильна до такого великого числа змінних факторів, різних ситуацій та обставин, що передбачити їх всі дуже складно. Тому найпильніша увага має приділятися всім факторам, які можуть впливати на конкретну людину. Іншими словами, треба аналізувати не тільки самі помилки людини, а й причини, через які вони сталися. Перед тим, як виконати будь-яку операцію, працівник повинен «включити» процедуру її виконання. Зазвичай вірна оцінка і правильне рішення є наслідком професійної підготовки, досвіду і правильного сприйняття. При недостатніх компетенціях працівника і, особливо в умовах дефіциту часу, можливо допущення помилок, які можна розділити на нефатальні (які можуть не привести до нещасного випадку) і фатальні (які призводять до нещасного випадку), на передбачувані (які можна передбачувати і легко ліквідувати). Причини помилок можна класифікувати таким чином:

- помилки в орієнтації;
- помилки прийняття рішення;
- помилки виконання.

Помилки в орієнтації найбільш поширені: в одному випадку є необхідна інформація, але рішення прийнято неправильно, і це може призвести до нещасного випадку; в іншому випадку інформація та прийняте рішення можуть бути правильними, але дія помилкова. Таким чином, можна стверджувати, що домінуючою

причиною травматизму є недостатня компетентність працівників у сфері безпеки праці, в тому числі через недосконалість технологій навчання, які повинні забезпечувати необхідний рівень компетентності працівників. З цього випливає, що потрібно сформулювати у працівника (безпосереднього виконавця) необхідні компетенції при отриманні, сприйнятті та переробці інформації, прийнятті рішень в умовах конкретних інформаційних наборів і виконання передбачених дій, тобто працівник повинен бути поінформований про все, що він повинен знати і вміти. Йому необхідно забезпечити оптимальні умови для переробки інформації та правильного реагування, щоб він міг прийняти оптимальні рішення для безпомилкових дій.

Для того, щоб персонал розумів свої завдання та обов'язки, а також шляхи їх здійснення, необхідна чітко розроблена технічна документація, в якій встановлені всі процедури безпечного ведення виробничих процесів. Повинні бути складені такі, що легко сприймаються і однозначно здійсненні, розпорядження, інструкції, керівництва, теж саме повинно поширюватися і на усні розпорядження, оскільки незрозумілу виконавцем вказівку може бути виконано неправильно або не виконано взагалі.

Формування технічної документації та видача усних розпоряджень потребує використання ясної, простої та лаконічної мови. Адекватне виконання розпоряджень і вказівок в першу чергу ґрунтується на розумінні їх необхідності. Тому керуючий апарат перш за все повинен визначати, чи дійсно необхідно надавати ту чи іншу вказівку і, якщо так, то забезпечувати, щоб персонал знав причини, що лежать в її основі, розумів шляхи та методи їх виконання.

Нещасні випадки попереджаються не узагальненими «нормативними» актами або абстрактними «заходами» і взагалі не всеосяжною «охороною праці», а прийняттям конкретних організаційно-технічних заходів, спрямованих на недопущення нещасних випадків у конкретних умовах, на конкретних робочих місцях з конкретними працівниками, з використанням наявних у конкретній організації можливостей і компетенцій персоналу. Відповідно можна зробити такий висновок: підготовка працівників у сфері безпеки праці полягає в прискіпливому вивченні технологій виробничих процесів; в практичних навичках у використанні обладнання, машин і механізмів. Заходи з безпеки працівників потрібно органічно впроваджувати під час виробничих процесів. Навчати персонал необхідно процедурам безпечного ведення ро-

біт, а не вимогам загальнодержавних нормативно-правових актів з охорони праці, які носять абстрактний, в більшості випадків, заборонний характер.

Нині роботодавець приймає рішення про прийом на роботу працівника, фахівця (посадову особу) керуючись наявністю документа про освіту і досвіду попередньої роботи. Однак відповідність фахівця тільки цим вимогам, на жаль, не може служити гарантією високих результатів його роботи, якщо людина не має відповідних компетенцій. Компетентнісний підхід, розширюючи межі знань, умінь і навичок, орієнтований на мету і результат навчання з позицій вдосконалення професійних компетенцій. Основним результатом діяльності має стати здатність працівника ефективно застосовувати отримані знання та набуті компетентності для орієнтації і дій в конкретних виробничих ситуаціях. Компетентність має на меті наявність умінь і навичок в реальних робочих ситуаціях, а не тільки знання теорії або розуміння того, як це робиться. Завдання навчання полягає в тому, щоб прищепити певні знання, вміння і навички і скомпонувати їх в потрібні компетенції, які необхідні в конкретній професійній сфері діяльності. Найбільш просто цей підхід можна показати на моделі компетентності.

Модель компетентності (МК) — це набір компетенцій, необхідних для успішного виконання даної роботи в даній організації. Модель компетенцій може включати в себе найрізноманітніші знання, вміння, навички та індивідуально-особистісні характеристики.

Для розробки МК була взята одна з найбільш поширених посад на будь-якому підприємстві і, одночасно, найбільш важлива з точки зору забезпечення охорони праці та промислової безпеки — начальник підрозділу. Це штатний працівник, інтегрований в систему управління охороною праці, орієнтований на досягнення реальних результатів у своєму підрозділі. Мета його діяльності — зниження ризиків і забезпечення безпеки праці працівників і послідовне поліпшення умов і охорони праці в організації.

МК начальника підрозділу містить базові характеристики компетенцій, а саме:

- *організація*. Здатність планувати, організовувати і ефективно розподіляти робочий час;

- *навчання*, яке спрямовано на формування безпечної поведінки працівників, підґрунтям якого є знання, вміння і навички безпечної роботи, а також формування в організації позитивного ставлення до охорони праці;

- *наполегливість*. Ця компетенція відображає, наскільки посадова особа ефективно керує персоналом в мінливих умовах;

- *контроль*. Для проведення контролю керівник підрозділу повинен мати у своєму розпорядженні достатній обсяг знань, навичок та макетів рішень. Вміти класифікувати рівні ризиків і приймати, залежно від цього, відповідні рішення;

- *професійна підготовка*, визначає володіння і вільне оперування необхідним в роботі обсягом професійних знань, умінь і навичок;

- *аналіз інформації та опрацювання рішень*. Уміння отримувати, аналізувати інформацію, ранжувати за рівнями її важливості, значимості, інформативності і своєчасності. Уміння переробляти інформацію і на цій основі покращувати локальні показники безпеки працівників підрозділу;

- *урахування помилок*. «Використання помилок» проявляється при оцінці результатів власної роботи та роботи підлеглих і полягає в їх усвідомленні і розробці заходів (макетів рішень) з їх недопущення надалі.

- *комунікативність*. Хороші комунікативні зв'язки із службою охорони праці, профспілкою чи уповноваженими з питань охорони праці.

Аналогічна модель компетенцій сформована нами для спеціаліста з охорони праці підприємства. Ці моделі ні в якому разі не замінюють собою фахового навчання по відповідних професіях. Вони служать тільки, як модель, для підвищення кваліфікації по визначених напрямках.

Механізм розвитку компетентності полягає в постійному приведенні у відповідність функцій і завдань підприємства професійних вимог до працівника, обсягу необхідних йому компетенцій, що змінюються. Значне місце в підвищенні компетентності, в організації безпечної поведінки займає процес навчання працівників процедурам виконання виробничих доручень. Для цього необхідно усувати недоліки, пов'язані, перш за все, з якістю та технологією викладання, підвищення рівня аудіовізуалізації лекційного матеріалу, широке використання тематичних дискусій та практичних занять.

Необхідно залучити до проведення навчання фахівців, які мають досвід викладацької роботи. Потрібно усвідомлення того, що з подальшим розвитком техносфери компетентність в галузі охорони праці стане істотним, а іноді і ключовим моментом, що визначає рівень професійного ризику працівника.

Виходячи з цього, навчання посадових осіб і спеціалістів має проводитися не суто з охорони праці, а по всьому масиву посадових обов'язків, включаючи способи та процедури з їх виконання з визначенням небезпек і ризиків травмування персоналу, які можуть настати під час проведення виробничих процесів.

З позиції оптимізації витрат підприємства на навчання проведення навчання на підприємстві силами навчальної організації — найкраща форма навчання для тих, хто організовує і проводить виробничі процеси. Їх раціонально навчати для підвищення компетентності за напрямками вирішення конкретних завдань підприємства. Цій формі навчання немає альтернативи. Все інше — формальне виконання вимог затверджених нормативних актів. Фахівців з охорони праці потрібно готувати в технічних вузах, де є кафедри безпеки життєдіяльності або промислової безпеки. У нормативно-правових документах слід передбачити професійну перепідготовку для формування компетенцій, які необхідні для посадових осіб та фахівця підприємств. При періодичному навчанні слухачі повинні бути зайняті не «зазубрюванням» Правил, а повинні набувати знання та навички з процедур безпечного ведення виробничих процесів, як від викладачів, так і один від одного.

Процес навчання здійснюється по окремих модулях, які відповідають напрямкам компетенцій. На лекціях-дискусіях розглядаються тільки базові, ключові елементи проблем відповідного модуля. Основний упор передбачається у проведенні тематичних дискусій по кожному питанню, які притаманні тій або іншій компетенції. По наслідках співбесіди з особами, які проходять навчання (тренінг) передбачається формування оцінки за п'ятибальною системою. Сумарний бал визначається підсумовуванням балів за окремими компетенціями.

$$K_0 = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (1)$$

де K_0 — сумарна оцінка компетенції; n — кількість окремих модулів, яку можна визначити де певної групи працівників; Q_i — оцінка за окремий модуль компетенції.

Позитивна оцінка зараховується, якщо не було жодної негативної оцінки за окремі компетенції, тобто відсутні оцінки 1, 2.

Максимальна оцінка K_{\max} визначається за формулою:

$$K_{\max} = 5 \cdot n. \quad (2)$$

Відносна оцінка K_{rel} визначається за формулою:

$$K_{rel} = \frac{K_0}{K_{max}}. \quad (3)$$

За відносною оцінкою можна порівнювати рівень компетентності окремих працівників у такий спосіб:

1) високий рівень компетенції ($K_{rel} = 0,81-1,0$) — безумовно здатний виконувати самостійно всі виробничі доручення, забезпечувати проведення виробничих процесів з мінімальними ризиками;

2) компетентний ($K_{rel} = 0,7-0,8$) — здатний, виконувати виробничі доручення, забезпечувати проведення виробничих процесів під періодичним контролем, допускає помилки при ідентифікації наявних ризиків, може реалізовувати стратегію їх зниження або ліквідації;

3) недостатньо компетентний ($K_{rel} = 0,6-0,7$) — може працювати тільки під постійним контролем.

4) низький рівень компетенції ($K_{rel} < 0,6$) — виробничі процеси може проводити з грубими порушеннями, чим створює додаткові небезпеки та ризики, порушує вимоги інструкцій та Правил, не рекомендовано допускати до роботи.

Література

1. Травматизм на виробництві в Україні у 2017 році, статистичний збірник, Київ, 2018. Інтернет-ресурс www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/05/zb_tv_2017.pdf

2. Про охорону праці. Закон України.

Інформація про авторів: Шишков А. В. магістр,
email: shishkov@ukr.net

ЗМІСТ

Вступ	3
Introduction	7
I. УПРАВЛІНСЬКІ, ЕКОЛОГІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
Басок Б. І., Давиденко Б. В., Гончарук С. М., Новіцька М. П. ТЕПЛОФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОГОГО РЕЖИМУ БУДІВЛІ	9
Кружилко О. Є., Сторож Я. Б., Майстренко В. В., Ткалич І. М., Полукаров О. І. ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ	20
Aliyeva G. O. MACRO LEVEL ANALYSIS OF INNOVATIONS IN INDUSTRIAL ENTERPRISES OF AZERBAIJAN REPUBLIC ..	26
Oliynyk Nadine HUMAN HEALTH AND SAFETY THROUGH LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN	34
Берман В. П., Гусєв А. М. ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПИТАНЬ ЕНЕРГОСБЕРЕЖЕНІЯ ТА БЕЗПЕКИ РОБОТИ СИСТЕМ ГІДРАВЛІЧНОГО ТРУБОПРОВІДНОГО ТРАНСПОРТУ СУСПЕНЗІЙ	39
Дешко В. І., Буяк Н. А., Білоус І. Ю., Гурєєв М. В., Голубенко О. О. ВПЛИВ ТЕПЛОІНЕРЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОГОРОДЖЕНЬ НА УМОВИ КОМФОРТНОСТІ ПІД ЧАС ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ РЕЖИМІВ ОПАЛЕННЯ В ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ	46
Єремєєв І. С., Єщенко О. І. ПРОБЛЕМАТИКА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ГАЛУЗІ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА	53

Жукова Н. І., Смоляр В. Г.
ВИДОБУТОК БУРОГО ВУГІЛЛЯ З ПОДАЛЬШОЮ
ЙОГО ГАЗИФІКАЦІЄЮ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПАЛИВНОЇ
ПРОБЛЕМИ В УКРАЇНІ60

Зацарний В. В.
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ —
ПЕРШИЙ КРОК У ПІДВИЩЕННІ ЗАГАЛЬНОЇ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОНОМІКИ ДЕРЖАВИ66

Зуб Л. М., Панасюк І. В.
ВПЛИВ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ
НА ЕКОСИСТЕМУ РІЧКИ РОСЬ74

Rukarawa Lorraine, Gusev M., Hasegawa A., Husiev A.
CLIMATE CHANGE DROUGHT AND FLOOD ASSESSMENT
IN THE MANYAME CATCHMENT, ZIMBABWE82

Калінчик В. П., Калінчик В. В.
ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ
НЕБЕЗПЕЧНИХ ТА ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ
ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА90

Находов В. Ф., Замулко А. І.
НЕКЕРОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ — ЗАГРОЗА БЕЗПЕЦІ ПОСТАЧАННЯ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ97

Праховнік Н. А., Землянська О. В., Шутенко Р. П.
МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА ДОПОМОГОЮ
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....108

Шульга Ю. І.
ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ
НА ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ УКРАЇНИ ЗА РАХУНОК
РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....116

II. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ

Исламов И. Дж., Исмибейли Э. Г.
МОДЕЛИРОВАНИЕ КРУГЛОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ВОЛНОВОДА ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
ЭНЕРГИИ121

Wysochin V. V. REGIME AND STRUCTURAL FACTORS OF INFLUENCE ON PRODUCTIVITY OF THE SOIL ACCUMULATOR OF SOLAR PLANT SYSTEM	128
Жукова Н. І. ОТРИМАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІД УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ДЕРЕВООБРОБКИ	135
Каштанов С. Ф., Олійник А. П., Демчук Г. В. ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ РЕЛЕ БЕЗПЕКИ СЕРІЇ ESR5 ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМ ОБЛАДНАННЯМ	140
Кирик В. В., Ширяєва Д. П. ОСОБЛИВОСТІ КОМУТАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ З РІДИННО-МЕТАЛЕВИМИ КОНТАКТАМИ	147
Костенко Т. В., Землянський О. М., Костирка О. В. АВТОМАТИЧНИЙ ТЕПЛОЗАХИСНИЙ ПРИСТРІЙ РЯТУВАЛЬНИКА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ПОЧАТКОВИХ ЕТАПАХ ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЙ	155
Кузнєцова О. О. ASSESSMENT OF SPACER BAR DESIGN ON THE THERMAL PERFORMANCE OF WINDOWS	162
Кулик М. П. ПЕРСПЕКТИВИ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В КОМБІНОВАНИХ ПАРОГАЗОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ	168
Панасюк І. В., Панасюк О. І. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ У СВІТІ	176
Халаміренко І. В. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ	183
Шевчук С. П., Зайченко С. В., Побігайло В. А., Майданюк Р. В. СТВОРЕННЯ ІНЕРЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ШВИДКОСТІ ВНУТРІШНЬОТРУБНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ.....	191

III. ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА У СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЄМНИХ ТА ЕНЕРГОНЕБЕЗПЕЧНИХ УМОВАХ ВИРОБНИЦТВА

Каштанов С. Ф., Полукаров Ю. О., Праховнік Н. А., Мітюк Л. О.
ОСОБЛИВОСТІ РЕФОРМУВАННЯ ЄВРОПЕЙСЬКОГО
ТА НАЦІОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАВСТВА
З ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ199

Левченко О. Г., Гончарова О. М., Лук'яненко А. О.
ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ БЕЗПЕКИ
КОНТАКТНОГО СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ОПОРОМ208

Максимов А. В., Стрілець В. М.
ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ
ПІД ЧАС ЕВАКУАЦІЇ ПОТЕРПІЛИХ
З БАГАТОПОВЕРХОВИХ ТА ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ215

Нестер А. А., Мітюк Л. О., Зацарний В. В., Луц Т. Е.
ПРОБЛЕМИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЇ
НА ПІДПРИЄМСТВАХ З ГАЛЬВАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ222

Праховнік Н. А., Баламут В. І., Доленко С. О.
ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ДЕЗАКТИВАЦІЇ
ПРОМИСЛОВОГО УСТАТКУВАННЯ229

Романюк О. О., Скідан В. В., Гончарук А. Ю.
ОСНОВНІ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ДО ВИРОБНИЧОГО
ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТОВАРІВ ШИРОКОГО ВЖИТКУ237

Чеберячко Ю. І., Книш І. М.
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ
ПРОТИАЕРОЗОЛЬНИХ ПІВМАСОК246

IV. НОВІТНІ ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ З ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ, ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

Mitjuk L. O., Xiezhuzhao, Kalinchyk V. V., Lutz T. E., Pchuk O. V.
CURRENT PROBLEMS AND CAUSES OF LABOR
PROTECTION WORK IN CHINA253

Клапцов Ю. В., Смоляннікова Л. М.
РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ВТОМИ
ТА ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕСУ260

Кружилко О. Є., Майстренко В. В., Полукаров О. І., Демчук Г. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ НАФТОГАЗОВИДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ	269
Левченко О. Г., Лук'яненко А. О., Демецька О. В. ЦИТОТОКСИЧНІСТЬ ЗВАРЮВАЛЬНИХ АЕРОЗОЛІВ	277
Наумов М. М., Радчук Д. І. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИБОРУ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ	288
Пашкевич К. Л., Третякова Л. Д., Прокопенко І. Д. ЄВРОПЕЙСЬКА КОНЦЕПЦІЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ПИТАНЬ БЕЗПЕКИ	295
Стрілець В. М., Белоченко Д. Ю. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПОЖЕЖНИХ АВТОЦИСТЕРН	305
Таїрова Т. М., Мітюк Л. О., Праховнік Н. А., Ільчук О. С. ПІДВИЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ	311
Остапенко Н. В., Токар Г. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТАКТИЧНИХ РЮКЗАКІВ ТА РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РЕМЕНІВ	319
Чеберячко С. І., Клімов Д. Г. ПРОЕКТУВАННЯ НОВИХ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ	328
Шишков А. В. ФОРМУВАННЯ БЕЗПЕКОВОЇ МОДЕЛІ КОМПЕТЕНТНОСТІ ПЕРСОНАЛУ ПІДПРИЄМСТВА	335

Науково-технічне видання

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Науково-технічний збірник

**Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції
(4–5 червня 2019 року, м. Київ)**

(укр., англ., рос. мовами)

Комп'ютерне верстання
ФОП *Васильковська К. М.*

Підписано до друку 26.06.2019 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний № 1.
Гарнітура Times. Друк офсетний.
Ум.-друк. арк. 20,46.

Видавництво ТОВ «Основа»
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців ДК № 1981 від 21.10.2004 р.
01032, м. Київ-32, вул. Жиллянська, 87/30.
Тел.: (044) 584-38-97, т/ф: 584-38-95, 584-38-96.