

МИХАЙЛОВА Ніна

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, м. Сєвєродонецьк

ПРИВАЛА Валерій

Хмельницький національний університет

ORCID ID: [0000-0003-3465-6369](https://orcid.org/0000-0003-3465-6369)[pva2012hnu@gmail.com](mailto:pva2012hnu@gmail.com)

## ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР В УМОВАХ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА СПЕЦІАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ІЗОЛЮЮЧИХ КОСТЮМІВ

*В статті проаналізовано результати дослідження впливу низьких температур в діапазоні від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $-40^{\circ}\text{C}$  на проби матеріалів, які розглядаються як вірогідні для створення ізолюючих костюмів, що можуть бути використані для роботи слюсарів-апаратників хімічних виробництв. В результаті досліджень встановлено, що найбільш стійкими до впливу низьких температур в умовах постійних динамічних навантажень є матеріали українського виробництва.*

*Ключові слова: хімічна промисловість, захисний одяг, низькі температури, агресивне середовище, ізолюючий костюм.*

MIHAILOVA Nina

Volodymyr Dahl East National University

PRIVALA Valerii

Khmelnysky National University

## STUDY OF THE INFLUENCE OF LOW TEMPERATURES IN DYNAMIC CONDITIONS ON SPECIAL MATERIALS FOR INSULATING SUITS OF CHEMICAL ENTERPRISES

*Domestic chemical industries urgently need the creation of special high-class protective clothing to allow working in extreme conditions without endangering the lives and health of workers. In previous publications, it was determined that the necessary comprehensive protection against the effects of harmful production factors is provided by the creation and use of an insulating suit, which should become a barrier that prevents the penetration, and therefore the influence of mineral acids, alkalis, ammonia, salt solutions, etc. different concentrations. That is, it is about the creation of special clothing with the necessary level of provision and preservation of such basic protective indicators as chemical resistance and impermeability of the material while preserving the tightness of the product as a whole.*

*Preparation equipment and fitters for cleaning closed containers for transportation and storage of aggressive environments can simultaneously be exposed not only to mineral acids, alkalis, solutions of salts based on them, but also to the remains of liquid ammonia, the evaporation of which occurs when the temperature drops, which leads to the primary destruction of the polymer coating materials of special suits. For example, local destruction in contact with liquid ammonia leads to a sharp cooling (up to  $-340^{\circ}\text{C}$ ) of the contact surface of the material and destruction of the polymer coating, especially during operation (in dynamics), which can lead to a violation of the tightness of the protective product.*

*Since workers have to perform a significant number of work movements while in an insulating suit, there was a need to study such an indicator as the resistance of materials to dynamic loads in conditions of low temperatures. Research was conducted on samples of materials with a polymer coating, which belong to the class of artificial leathers for special purposes from both foreign and domestic manufacturers.*

**Key words:** chemical industry, protective clothing, low temperatures, aggressive environment, insulating suit.

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

На підприємствах хімічної промисловості проблема забезпечення спеціальним одягом, що надійно захищає від агресивних факторів, особливо гостро відчутна в процесі виконання технологічних операцій на апаратах і установках, де вплив речовин, що входять до комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ) може спричинити не тільки травми та хімічні опіки, але й призвести до летальних наслідків. До таких виробничих об'єктів належать ємності різних геометричних форм та обсягів, призначених як для проведення технологічних процесів та зберігання, так і для транспортування хімічної продукції (рідин). Проведення ремонтно-технологічних робіт у ємностях визначені як небезпечні, тому захист працюючих у цих умовах має бути високоефективним і чітко організованим.

Вітчизняні хімічні виробництва гостро потребують створення спеціального одягу високого класу захисту, щоб дозволило працювати в екстремальних умовах, не наражаючи на небезпеку життя і здоров'я працюючих. В попередніх публікаціях [1, 2] було визначено, що необхідний комплексний захист від впливу НШВФ передбачається за рахунок створення і використання ізолюючого костюму (ІК), який має стати бар'єром, що перешкоджає проникненню, а значить і впливу мінеральних кислот, лугів, аміаку, розчинів солей, тощо різних концентрацій. Тобто йдеться про створення спеціального одягу з необхідним рівнем забезпечення та збереження таких основних захисних показників як хімічна стійкість (хемостійкість) і непроникність матеріалу при збереженні герметичності виробу в цілому.

### Аналіз досліджень та публікацій

Сучасний світовий ринок з розробки і реалізації виробничого захисного одягу для використання в різноманітних шкідливих умовах праці, постійно розвивається і періодично пропонує нові конструктивні і технічні рішення [4–8]. Проте переважна більшість такого одягу спрямована на створення захисту тільки від вологи та переохолодження. Що стосується комплексного захисту від впливу цілої низки хімічно агресивних речовин, які присутні на хімічних підприємствах, то створення такого одягу вимагає особливих матеріалів і відповідних методів для роботи з ними.

На підставі проведеного аналізу роботи [9, 10], в яких розглянуто класифікацію методичного підходу до процесу вибору спеціальних матеріалів, а також її функціонально-логічної схеми про послідовність вивчення їх захисних властивостей та з урахуванням вихідних вимог, пропонується провести дослідження, мета яких полягає у експериментальній оцінці проб матеріалів із полімерним одно- або двостороннім покриттям на тканинній основі (аналог штучної шкіри) в умовах низьких температур.

Слід зазначити, що матеріали з полімерним покриттям, до яких відносять деякі марки штучної шкіри спеціального призначення, мають наступні особливостей, які необхідно враховувати при проектуванні ізолюючих костюмів:

- матеріали з полімерним покриттям виключають теплову обробку під час їх використання;
- унеможливується використання деяких видів швів, а фіксація припусків на шви можлива тільки шляхом настрочування (або розстрочування) їх припусків;
- деякі матеріали з полімерним покриттям є нестійкими до дії низьких температур, або до перепаду температур за короткий проміжок часу;
- усі шви ниткового з'єднання у одязі із зазначених матеріалів підлягають обов'язковій герметизації;
- значна ціна на даний сегмент штучних шкір спеціального призначення спричиняє зростання собівартості виготовлення захисних костюмів з них [4, 6, 7, 11, 12].

Зазвичай, в таких спеціальних матеріалах за ткану основу використовують текстильне полотно полотняного або саржевого переплетення зі 100 % модифікованих поліамідних волокон. Лицьова сторона полотна, залежно від функціонального призначення ІК, може бути покрита полімером з ПВХ (полівінілхлориду), бутилкаучуку або «вітону», а виворотна сторона – з ПВХ або бутилкаучуку [13].

### Формулювання цілей статті

**Метою роботи** є апаратники підготовки та слюсарі з очищення закритих емностей для транспортування та зберігання агресивних середовищ одночасно можуть піддаватися впливу не тільки мінеральних кислот, лугів, розчинів солей на їх основі, а також залишкам рідкого аміаку, випаровування якого відбувається при зниженні температури, що призводить до першочергового руйнування полімерного покриття матеріалів спеціальних костюмів. Наприклад, локальні руйнування при контакті з рідким аміаком призводять до різкого охолодження (до мінус 34<sup>0</sup>С) контактної поверхні матеріалу та руйнування полімерного покриття, особливо в процесі роботи (в динаміці), що може призвести до порушення герметичності захисного виробу.

Тому на підставі запропонованої функціонально-логічної схеми вибору та оцінки захисних властивостей спеціальних матеріалів для виготовлення ізолюючого костюма [3], виникла потреба у вивченні в першу чергу такого показника, як стійкість матеріалів до згинання в умовах низьких температурах. Це пов'язано із тим, що захисні ізолюючі костюми можуть піддаватись не тільки статичним, а й активним динамічним навантаженням під час їх експлуатації в умовах хімічних виробництв.

### Викладення основного матеріалу

Для проведення досліджень було обрано матеріали зарубіжного та вітчизняного виробництва, які відносяться до розряду штучних шкір спеціального призначення, що різняться між собою природою полімерного покриття, товщиною, жорсткістю, стійкістю до тертя, тощо (табл. 1).

Таблиця 1

**Деякі фізико-механічні характеристики спеціальних досліджуваних матеріалів із полімерним покриттям**

Найменування матеріалу/ назва фірми-виробника	Товщина проби, мм	Поверхнева щільність, г/м <sup>2</sup>	Жорсткість при згині, сН		Розривне навантаження смужки розміром 50 x 100 мм, Н		Роздиральне навантаження смужки розміром 50 x 100 мм, Н	
			осн.	пітк.	осн.	пітк.	осн.	пітк.
«Треллеборг»	0,5	510,0	4,8	3,2	1230,0	1200,0	64,0	60,0
«Дрегер»	0,8	628,0	6,2	4,3	1642,0	1539,0	53,0	51,0
«ТСК-15»	0,3	420,0	1,9	2,3	552,0	504,0	29,0	27,0
«ПМБК»	0,4	563,0	3,9	4,1	539,0	408,0	27,0	22,0
«БЦК»	0,35	479,0	5,6	3,8	931,0	514,0	43,0	43,0
«ІЗК»	0,5	550,0	9,8	9,8	500,0	500,0	25,0	25,0

Дослідження проб зазначених матеріалів (табл. 1) показало, що фірми «Треллеборг» (Швеція) та «Дрегер» (Німеччина) при виготовленні власних ізолюючих костюмів застосовують практично ідентичні за фізико-механічними, експлуатаційними та захисними властивостями штучні шкіри на тканинній основі, які відносяться до еластоштучкири.

Серед зазначених полімерів, як показали лабораторні дослідження, найбільш хімічно стійким полімерним покриттям до дії мінеральних кислот, лугів та аміаку є «вітон», що є композитом на основі фторованого поліетилену. Розривні характеристики зазначених матеріалів дуже високі і при розмірі смужки 50 x 100 мм вони коливаються від 1230 Н до 1642 Н по основі і від 1200 Н до 1539 Н по пітканню. Поверхнева щільність проб змінюється від 510 г/м<sup>2</sup> до 628 г/м<sup>2</sup>, товщина – від 0,5 мм до 0,8 мм, а жорсткість при вигині на основі знаходиться в межах 4,8 – 6,2 сН і по пітканню 3, 2 - 4,3 сН (табл. 1).

Щодо матеріалів вітчизняного виробництва таких як «ТСК-15», «ПМБК-Н», «БЦК» та інші, які належать до асортименту спеціальних штучних шкір особливого призначення, то вони також виготовляються на тканинній основі та з двостороннім полімерним покриттям. Тканину основи для них виготовляють зі 100% поліамідних і бавовняних волокон (або їх сумішей у різному відсотковому співвідношенні), переважно полотняним переплетенням ниток. Як полімерне покриття застосовують бутилові, ізобутилові, неопренові та інші каучуки, або їх суміші. Деякі фізико-механічні характеристики при їх порівнянні показують, що товщина проб спеціальних матеріалів, у разі нанесення двох штрихів на лицьову та виворотну сторону, змінюється від 0,3 мм до 0,4 мм. Поверхнева щільність матеріалів змінюється від 420 г/м<sup>2</sup> для ТСК-15, до 479 г/м<sup>2</sup> для «БЦК» і до 563 г/м<sup>2</sup> для «ПМБК-Н». Що стосується розривних характеристик проб матеріалів розміром 50x100 мм, то найбільше навантаження по основі та качку витримують проби матеріалу «БЦК» – 913 Н і 514 Н відповідно, а найменшу – проби матеріалу «ПМБК-Н», тобто 539 Н основі та 408 Н по пітканню (табл. 1).

Особливу увагу слід звернути і на випробування спеціального вітчизняного матеріалу «ІЗК», розробленого на вітчизняному ВАТ «Лисичанський завод РТІ» за вихідними вимогами відділу розробки та виготовлення спеціального одягу (ВРВСО) ДержНДІТБХВ (м. Северодонецьк). Зазначений матеріал є штучною шкірою на тканинній основі з двостороннім полімерним покриттям (ТУ У 25.1-05389942.017-2003) з основою з тканини полотняного переплетення з поліамідних ниток із двостороннім покриттям полімерною композицією СКЕПТ-40 (етиленпропіленовий каучук). Даний матеріал має товщину 0,5 мм при поверхневій щільності 550 г/м<sup>2</sup>. Розривні характеристики проб матеріалу «ІЗК» як по основі, так і по пітканню (в поздовжньому та поперечному напрямку відповідно) розміром 50 x 100 мм рівномірні і становлять 500 Н, а величина зв'язку полімерного покриття з тканиною основою знаходиться в межах 0,4 Н/мм, що, як свідчить практика застосування ізолюючих костюмів, є достатньою. Крім цього, даний матеріал є повітряно- та водонепроникним.

Стійкість при згинанні зазначених спеціальних матеріалів під впливом низьких температур досліджувалася згідно з ГОСТ 20876-75 [12] на приладі МІРМ, відповідно з яким кількість проб для проведення випробувань має бути не менше шести у кожному вибраному напрямку. Розміри проби по довжині повинні дорівнювати  $90 \pm 1$  мм, а по ширині  $60 \pm 1$  мм. Температура для проведення експериментів знаходилася в межах від - 10°C до - 50°C з інтервалом у - 10°C.

Результати експериментів, які отримані при дії температури -10°C, засвідчили високі показники стійкості проб до складних ромбоподібних вигинів. Наприклад, матеріал фірми «Треллеборг» (Швеція) при постійному впливі зазначеної температури зруйнувався за 32400 циклу, матеріал фірми «Дрегер» (Німеччина) зруйнувався за 40352 цикли, матеріал ТСК-15 зруйнувався за 18000 циклів, матеріал «БЦК» зруйнувався, в той час як проба матеріалу «ІЗК» зруйнувалася за 51327 циклів (рис. 1).

При зниженні температури до -20°C, показники згинання різко змінилися. Наприклад, проби матеріалу фірми «Треллеборг» зруйнувалися за 15755 циклу, проби матеріалу фірми «Дрегер» зруйнувалися за 25350 циклів, проби матеріалу «ПМБК-Н» зруйнувалися за 1845 матеріалу «ІЗК» зруйнувалися за 40529 циклів. Що ж стосується проб матеріалів «ТСК-15» і «БЦК», то перші з них зруйнувався за 7266 циклів, а другий – за 6000 циклів (рис. 1, поз. 4 та поз. 5). Істотне зменшення показників згинальної всіх без винятку проб спеціальних матеріалів настає після зниження температури випробувальної камери до -40°C. Так, проби матеріалу фірми «Треллеборг» зменшили показник стійкості до ромбоподібних вигинів на 93,5% і зруйнувалися за 2120 циклів (рис. 1, поз. 1), а проби фірми «Дрегер» – на 88,5% і також зруйнувалися через 4654 цикли складних деформацій (рис. 1, поз. 2). Аналогічні висновки можна зробити і щодо проб матеріалів «ПМБК-Н» і «ТСК-15», оскільки матеріал «БЦК» такого навантаження вже не витримав (рис. 1, поз. 5), тобто зменшення згинальної стійкості на 87,7% і 96,4% відповідно з руйнуванням зразків за 3548 та 652 цикли (рис. 1, поз. 3 та поз. 4).

Що ж до проб матеріалу «ІЗК», то зазначена температура (- 40°C) також сприяє їх руйнуванню за 23710 циклів (53,8 %), а при контакті з -45°C, зразки зруйнувалися за 20405 циклів (рис. 1, поз. 6).

#### **Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Отже, якщо врахувати необхідний показник стійкості при згинанні згідно з вихідними вимогами, а це 20000 циклів при температурі -40°C, то зазначеним нормам відповідає лише спеціальний матеріал вітчизняного виробництва «ІЗК», де в якості полімерного покриття застосовували сумішеву композицію СКЕПТ-40. Інші матеріали, характеристики яких представлені в таблиці 1, після впливу температури -30°C

практично стають непридатними для виготовлення ізолюючих костюмів через недостатню морозостійкість в динамічних умовах випробувань (рис. 1). Тому подальші дослідження планується проводитися саме з пробами матеріалу «ІЗК» та з деякими іншими (на вибір) зразками (табл. 1) з метою порівняння їх показників при впливі НШВФ.

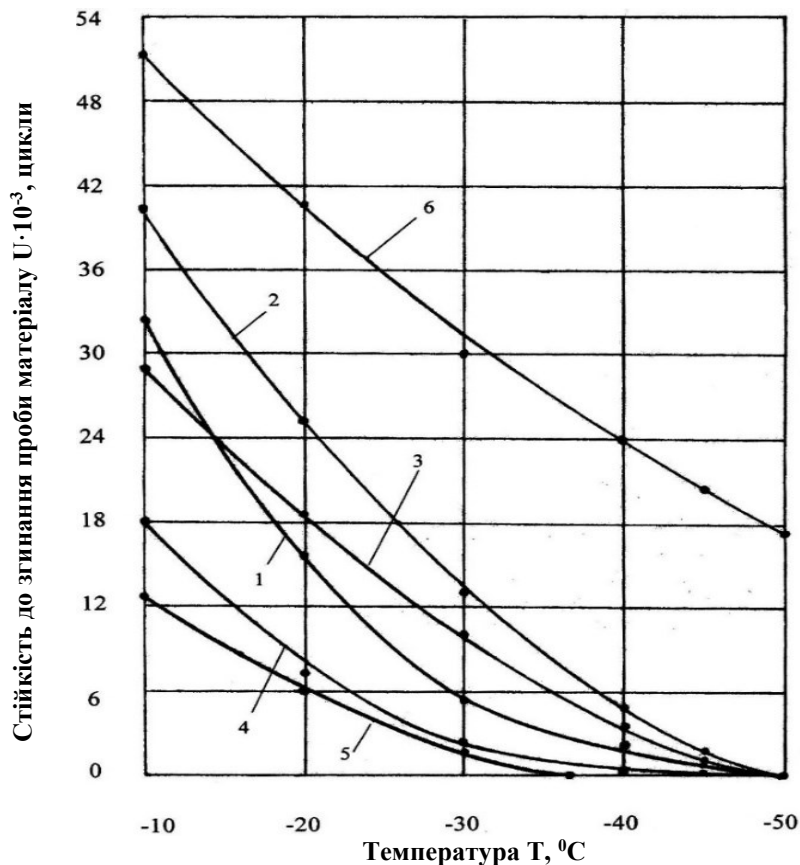


Рис. 1. Залежність згинання стійкості від низьких температур наступних проб спеціальних матеріалів: 1 – «Треллеборг»; 2 – «Дрегер»; 3 – «ПМБК-Н»; 4 – «ТСК-15»; 5 – «БЦК»; 6 – «ІЗК»

### Література

1. Михайлова Н.В. Дослідження матеріалів, які використовують для виготовлення захисного одягу робітників-апаратників та слюсарів хімічної промисловості / Н.В. Михайлова, В.О. Привала // Вісник Хмельницького національного університету. – 2018. – № 1. – С. 124–129.
2. Михайлова Н.В. Обґрунтування і розробка конструкції ізолюючого костюму для робітників хімічної промисловості / Н.В. Михайлова, В.О. Привала // Вісник Хмельницького національного університету. – 2021. – № 6. – С. 188–195.
3. Обґрунтування вибору показників для вивчення і оцінки захисних властивостей спеціальних матеріалів ізолюючого костюма працівників хімічної промисловості // Вісник Хмельницького національного університету. – 2018. – № 5. – С. 50–54.
4. Types of overalls for protection against chemically aggressive environments [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://pcgroup.ru/blog/vidy-specodezhdy-dlya-zaschity-ot-himicheskoi-agressivnyh-sred>.
5. Galiyeva E.R., Nurullina G.N., Abzaltdinova M.A. Analysis of insulating chemical suits as the main factor in the development of a universal technology for the manufacture of special protective clothing. Kazan, Bulletin of the Technological University. 2016. Issue 8. P. 73–74.
6. Overalls and footwear with protection against chemicals. URL: <https://forma-odezhda.ru/encyclopedia/specodezhda-i-obuv-s-zaschitoj-ot-himicheskikh-vecshestv>
7. Protective suits "Lakeland". URL: [https://www.raboservice.ru/images/doc/lakeland\\_1.pdf](https://www.raboservice.ru/images/doc/lakeland_1.pdf)
8. Ukrprofzashchita. URL: <http://ukrprofzahyst.com.ua/ru/odezhda-khimzaschity>.
9. Muchko A.A., Ochurenko V.I. A systematic approach to the problem of choosing materials for personal protective equipment. Izvestiya Vuzov. Light industry technology. 1988. 1. p. 26–30.
10. Михайлова Н.В. Особливості оцінювання захисних властивостей матеріалів для ізолюючого костюма працівників хімічної промисловості / Н.В. Михайлова, В.О. Привала // Вісник Хмельницького національного університету. – 2019. – № 2. – С. 70–76.
11. Захисний костюм Dräger CPS 5800 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://www.draeger.com/ru\\_ru/Applications/Products/Personal-Protection-Equipment/Protective-Clothing/Gas-Tight-Suits/CPS-5800](https://www.draeger.com/ru_ru/Applications/Products/Personal-Protection-Equipment/Protective-Clothing/Gas-Tight-Suits/CPS-5800).
12. Костюми захисні в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://prom.ua/Kostyumu->

izoliruyuschie.html.

13. ГОСТ 20876-75. Кожа искусственная. Метод определения морозостойкости в динамических условиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/standart/181960](https://ohranatruda.ru/ot_biblio/standart/181960)

#### References

1. Mykhailova N.V. Doslidzhennia materialiv, yaki vykorystovuiut dlia vyhotovlennia zakhysnoho odiahu robitnykiv-apatnykiv ta sliusariv khimichnoi promyslovosti / N.V. Mykhailova, V.O. Pryvala // Herald Khmelnytskyi National University. – 2018. – № 1. – S. 124–129.
2. Mykhailova N.V. Obgruntuvannia i rozrobka konstruktсии izoliuiuchoho kostiumu dlia robitnykiv khimichnoi promyslovosti / N.V. Mykhailova, V.O. Pryvala // Herald Khmelnytskyi National University. – 2021. – № 6. – S. 188-195.
3. Obgruntuvannia vyboru pokaznykiv dlia vyvchennia i otsinky zakhysnykh vlastyvostei spetsialnykh materialiv izoliuiuchoho kostiuma pratsivnykiv khimichnoi promyslovosti // Herald Khmelnytskyi National University. – 2018. – № 5. – S. 50-54.
4. Types of overalls for protection against chemically aggressive environments [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://pcgroup.ru/blog/vidy-specodezhdy-dlya-zaschity-ot-himicheski-agressivnyh-sred>.
5. Galiyeva E.R., Nurullina G.N., Abzaltdinova M.A. Analysis of insulating chemical suits as the main factor in the development of a universal technology for the manufacture of special protective clothing. Kazan, Bulletin of the Technological University. 2016. Issue 8. P. 73–74.
6. Overalls and footwear with protection against chemicals. URL: <https://forma-odezhda.ru/encyclopedia/specodezhda-i-obuv-s-zaschitoj-ot-himicheskih-vecshestv>
7. Protective suits "Lakeland". URL: [https://www.raboservice.ru/images/doc/lakeland\\_1.pdf](https://www.raboservice.ru/images/doc/lakeland_1.pdf)
8. Ukrprofzashchita. URL: <http://ukrprofzahyst.com.ua/ru/odezhda-khimzaschity>.
9. Mychko A.A., Ochurenko V.I. A systematic approach to the problem of choosing materials for personal protective equipment. Izvestiya Vuzov. Light industry technology. 1988. 1. r. 26-30.
10. Mykhailova N.V. Osoblyvosti otsiniuvannia zakhysnykh vlastyvostei materialiv dlia izoliuiuchoho kostiuma pratsivnykiv khimichnoi promyslovosti / N.V. Mykhailova, V.O. Pryvala // Herald Khmelnytskyi National University. – 2019. – № 2. – S. 70–76.
11. Zakhysnyi kostium Dräger CPS 5800 [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : [https://www.draeger.com/ru\\_ru/Applications/Products/Personal-Protection-Equipment/Protective-Clothing/Gas-Tight-Suits/CPS-5800](https://www.draeger.com/ru_ru/Applications/Products/Personal-Protection-Equipment/Protective-Clothing/Gas-Tight-Suits/CPS-5800).
12. Kostiumy zakhysni v Ukraini [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://prom.ua/Kostyummy-izoliruyuschie.html>.
13. ГОСТ 20876-75. Кожа искусственная. Метод определения морозостойкости в динамических условиях [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : [https://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/standart/181960](https://ohranatruda.ru/ot_biblio/standart/181960)

Надійшла/Paper received : 05.10.2022 р.    Надрукована/Printed : 01.11.2022 р.