

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2023-317-1-289-293>

УДК 687.17:620.193

МИХАЙЛОВА Ніна

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

ПРИВАЛА Валерій

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3465-6369>pva2012hnu@gmail.com

ЛУЩЕВСЬКА Олена

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-2689-798X>lushchevskao@khmnu.edu.ua

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР НА МАТЕРІАЛИ ІЗ ПОЛІМЕРНИМ ПОКРИТТЯМ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В СТАТИЧНИХ УМОВАХ

В статті проаналізовано результати дослідження впливу низьких температур в діапазоні від -10°C до -40°C на проби матеріалів, які розглядаються як вірогідні для створення ізолюючих костюмів для слюсарів-апаратників хімічних виробництв. Для проведення досліджень авторами публікації розроблена відповідна методологія, яка ґрунтується на використанні оригінальної дослідної установки. За результатами досліджень визначені ті матеріали, які є найбільш стійкими до впливу низьких температур, і які можуть бути рекомендовані для виготовлення ізолюючих захисних костюмів для працівників хімічних виробництв.

Ключові слова: ізолюючий костюм, хімічна промисловість, низькі температури, агресивне середовище, статичні умови.

MIHAILOVA Nina

Eastern National University. Volodymyr Dahl, m. Severodonetsk

PRIVALA Valerii, LUSHCHEVSKA Olena

Khmelnysky National University

STUDY OF THE INFLUENCE OF LOW TEMPERATURES ON MATERIALS WITH A SPECIAL PURPOSE POLYMER COATING UNDER STATIC CONDITIONS

The domestic chemical industry urgently needs the creation of special high-class protective clothing that would allow working in extreme conditions without endangering the life and health of employees. 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. of different concentrations. That is, it is about the creation of special clothing with the required level of protection 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.

Equipment for preparation and locksmiths for cleaning closed containers for transportation and storage of aggressive environments can simultaneously be exposed not only to mineral acids, alkalis, salt solutions based on them, but also to the remains of liquid ammonia, the evaporation of which occurs when temperatures drop, which leads to primary destruction polymer coating materials for special suits. For example, local destruction in contact with liquid ammonia leads to a sharp cooling (up to -340°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 wearing an insulating suit, there was a need to investigate such an indicator as the resistance of materials to both dynamic loads and static conditions at low temperature. The research was conducted on samples of materials with a polymer coating, which belong to the class of special purpose artificial leathers of both foreign and domestic manufacturers.

Key words: insulating suit, chemical industry, low temperatures, aggressive environment, static conditions.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Як було зазначено раніше [1], на вітчизняних підприємствах хімічної промисловості існують певні проблеми щодо забезпечення робітників якісним спеціальним одягом. Особливо гостро це питання постало у напрямку створення захисного одягу для працівників, виконання професійних обов'язків яких відбувається в умовах активного агресивного середовища. Зокрема це стосується слюсарів-апаратників, які здійснюють технічно-регламентні роботи ємностей для зберігання та транспортування речовин, що входять до комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ). Особливості умов праці і наліз якості захисного одягу саме для цієї категорії робітників детально розглянуто у попередніх публікаціях [2].

З огляду на це 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 та впливу розчинів солей, лугів, мінеральних кислот, аміаку, тощо різних концентрацій.

Отже, йдеться про створення спеціального одягу з необхідним рівнем забезпечення та збереження таких основних захисних показників, як хімічна стійкість і непроникність матеріалу при збереженні

герметичності виробу в цілому. Тому питання методології добору матеріалів (або їх пакету) для створення ІК є первинним та актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасні міжнародні розробки періодично наповнюють світовий ринок зразками виробничого захисного одягу для використання в різноманітних шкідливих умовах праці. Закордонні виробники захисного одягу постійно пропонують нові конструктивні і технічні рішення [3, 4, 5, 6, 7], проте переважна їх більшість спрямована на створення захисту тільки від вологи та переохолодження. Що ж стосується комплексного захисту від впливу цілої низки хімічно агресивних речовин, які присутні на хімічних підприємствах, то створення такого одягу вимагає особливих матеріалів і розробки відповідної методології роботи з ними. Крім того, створення нових матеріалів зазначеного функціоналу є тривалим за часом і вимагає значних фінансових витрат.

На підставі проведеного аналізу робіт [8, 9], пропонується провести дослідження, мета яких полягає у експериментальній оцінці проб матеріалів із полімерним одно- або двостороннім покриттям на тканий основі в умовах низьких температур.

Зазначені матеріали є аналогом штучної шкіри і широко використовуються світовими фірмами для виготовлення захисного одягу різного призначення. 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, що надає їм певної еластичності [10]. Оскільки еластична штучна шкіра має полімерне покриття, то при виготовленні захисного одягу унеможлиблюється використання деяких видів ниткових швів, а фіксація припусків на шви допускається тільки шляхом настрочування їх припусків з обов'язковою наступною герметизацією. Крім того, деякі матеріали з полімерним покриттям є нестійкими до дії низьких температур, або до перепаду температур за короткий проміжок часу [11, 12].

Необхідність вивчення впливу низьких температур на текстильні матеріали з полімерним покриттям обґрунтована не тільки присутністю в переліку небезпечних і шкідливих виробничих факторів такої речовини як аміак, але й частотою застосування захисних виробів, старінням полімерного покриття з часом та інше. Вплив низьких температур на текстильні матеріали може спричинити появу негативних деформацій, що зумовлює зменшення геометричних характеристик, стійкості до змінання, еластичності та сприяти погіршенню фізико-механічних та захисних показників майбутнього виробу.

Однією із суттєвих причин впливу низьких температур на властивості текстильних матеріалів вважається наявність вологи в їхній структурі. В процесі впливу низьких температур волога (привнесена або хімічно пов'язана) перетворюється на кристалики льоду, які сприяють розвитку в структурі полімеру механічні напруги, що призводять до її розпушення, утворення тріщин, усадки, втрати міцності та інше. Необхідно визначити також, що ступінь впливу низьких температур залежать від природи, ступеня гідрофільності та впорядкованості молекулярної структури як волокон, так і полімерного покриття дослідних матеріалів. Наприклад, експериментально встановлено, що чим вище щільність упаковки макромолекул, тим більшою мірою проявляється розпушуюча дія кристаликів льоду, що утворилися під час дії низької температури [13].

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: вивчення стійкості до низьких температурах в статичних умовах матеріалів, які можуть бути рекомендованими при виготовленні ізолюючих костюмів для слюсарів-апаратників, які здійснюють очищення закритих ємностей для транспортування та зберігання агресивних середовищ. Дані робітники часто працюють із залишками 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^oC) контактної поверхні матеріалу та руйнування полімерного покриття не тільки в процесі роботи (в динаміці), а й в статичних умовах, 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 [14], виникла потреба у проведенні зазначених досліджень.

Викладення основного матеріалу

На основі аналізу існуючих методів оцінки морозостійкості різних матеріалів у статичних умовах [15, 16], розроблено та апробовано новий спосіб вивчення впливу низьких температур на полімерні покриття спеціальних штучних шкір різного асортименту, що застосовуються при виготовленні ізолюючих костюмів.

Сутність запропонованого методу полягає в контролі зміни повітропроникності проби, підданої примусовому заморожуванню при заданій температурі та часу, а також примусовому розморожуванню при заданій температурі (плюсовій) і часу. У зв'язку з цим розроблений спосіб оцінки морозостійкості проб матеріалів з полімерним покриттям у статичних умовах передбачає циклічність випробувань у режимі «заморожування-розморожування», що може спричинити появу дефектів по товщині полімерного покриття.

Критерієм оцінки морозостійкості в статичних умовах випробувань у даному випадку є коефіцієнт морозостійкості (K), який визначається як відношення значень повітропроникності «до» та «після» впливу фактору за формулою (1):

$$K = \frac{B_o}{B_1}; \quad (1)$$

де B_o – вихідна (початкова) величина повітропроникності проби матеріалу, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

B_1 – повітропроникність після проведення випробування проби матеріалу в режимі «заморожування-розморожування», $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$.

Аналіз запропонованого співвідношення показує, що з рівності абсолютних значень контрольованих показників коефіцієнт морозостійкості дорівнюватиме одиниці, а при збільшенні B_1 його величина буде зменшуватися, наближаючись до нуля. Таким чином, значення коефіцієнта морозостійкості (K) є основним критерієм. Вивчення повітропроникності в даному випадку проводилося за допомогою експериментальної установки МПЗ, яка є авторською розробкою вітчизняних вчених-дослідників. Принцип роботи установки МПЗ та алгоритм її використання детально описано в попередніх публікаціях та патентах [17].

Експерименти щодо морозостійкості спеціальних матеріалів у статиці були проведені з пробами спеціальних матеріалів вітчизняного виробництва: ІЗК, ПМБК-Н, ТСК-15, БЦК (табл.1).

Таблиця 1

Деякі фізико-механічні характеристики спеціальних досліджуваних матеріалів із полімерним покриттям

Найменування матеріалу	Товщина проби, мм	Поверхнева щільність, $\text{г}/\text{м}^2$	Жорсткість при згині, сН		Розривальне навантаження смужки розміром 50 x 100 мм, Н		Роздиральне навантаження смужки розміром 50 x 100 мм, Н	
			осн.	пітк.	осн.	пітк.	осн.	пітк.
ТСК-15	0,30	420,0	1,9	2,3	552,0	504,0	29,0	27,0
БЦК	0,35	479,0	5,6	3,8	931,0	514,0	43,0	43,0
ПМБК-Н	0,40	563,0	3,9	4,1	539,0	408,0	27,0	22,0
ІЗК	0,50	550,0	9,8	9,8	500,0	500,0	25,0	25,0

Відповідно до запропонованої методики, розмір зразків для проведення досліджень має бути діаметром 100 мм, або він може бути у вигляді квадрата зі стороною 100 мм. Попередньо проведені дослідження показали, що для отримання коректних результатів, що дають можливість робити обґрунтовані висновки стосовно морозостійкості проб у статичних умовах, достатньо вивчити п'ять зразків матеріалу кожного виду. Тобто повторювальність отриманих результатів є стабільною і не перевищують 5% похибки. Час експозиції від 3600 с (1 година) до 18000с (5 годин) з безперервної дії низькотемпературного фактору (мінус 40° С) при інтервалі в 3600 с, а розморожування у всіх випадках проводилося при позитивній температурі (+ 70° С) протягом 1200 с в термошафі. Після охолодження матеріалу в умовах лабораторії проводили вивчення повітропроникності проб за допомогою установки МПЗ.

На підставі проведених експериментів та аналізу отриманих результатів нами встановлено, що проби матеріалу ІЗК протягом усього часу експозиції впливу низької температури (мінус 40°С) залишалися морозостійкими, оскільки значення їх повітропроникності залишалося постійним = 0,1 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$, а коефіцієнт морозостійкості $K=1$ (табл. 2).

Таблиця 2

Зміна значення повітропроникності та коефіцієнта морозостійкості проб спеціальних матеріалів від часу впливу низької температури (мінус 40° С) у статичних умовах

Час заморожування проби, с	Найменування спеціального матеріалу:							
	ТСК-15		БЦК		ПМБК-Н		ІЗК	
	Повітропроникність, B_1 , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	Коефіцієнт морозостійкості, K	Повітропроникність, B_1 , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	Коефіцієнт морозостійкості, K	Повітропроникність, B_1 , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	Коефіцієнт морозостійкості, K	Повітропроникність, B_1 , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	Коефіцієнт морозостійкості, K
0	0,13	-	0,19	-	0,27	-	0,10	-
3600	0,13	1,0	0,22	0,86	0,29	0,93	0,10	1,0
7200	0,14	0,93	0,25	0,76	0,30	0,90	0,10	1,0
10800	0,15	0,87	0,29	0,66	0,32	0,84	0,10	1,0
14400	0,17	0,74	0,32	0,59	0,36	0,75	0,10	1,0
18000	0,21	0,61	0,37	0,51	0,43	0,63	0,10	1,0

Щодо інших спеціальних матеріалів, які приймали участь у дослідженні, то слід зазначити, що вплив низької температури та режим випробувань призводить до деструкції полімерного покриття за відсутності деформацій проб. Наприклад, початкове значення повітропроникності проб матеріалу ПМБК-Н дорівнює 0,27 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ (табл. 2). Після 3600 с випробувань повітропроникність проб збільшилася до 0,29 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$, а

при наступних експериментах її значення збільшилося від $0,3 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ (при 7200 с) до $0,43 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ (при 18000 с) при контакті з низькою температурою.

На основі отриманих експериментальних даних побудовано графічну залежність зазначених величин, що відображено на рис.1.

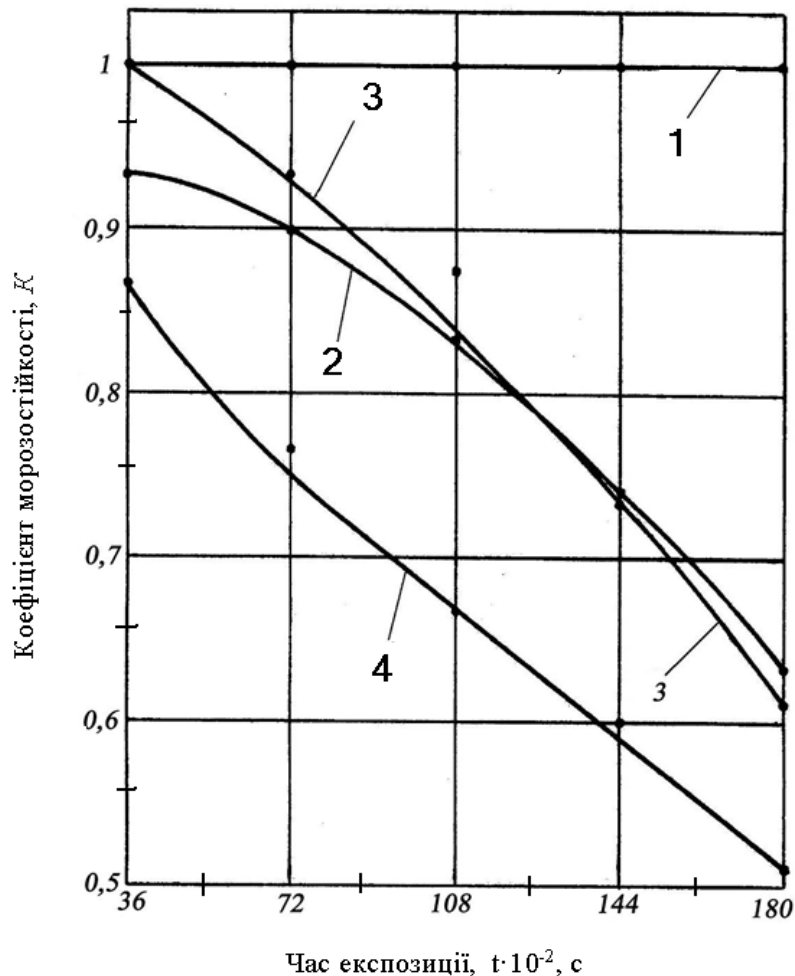


Рис.1. Зміна коефіцієнта морозостійкості залежно від часу впливу низької температури (-40°C) у статичних умовах на проби матеріалів: 1 – ІЗК; 2 – ПМБК-Н; 3 – ТСК-15; 4 – БЦК.

Аналіз кривих залежності зміни повітропроникності проб спеціальних матеріалів від тривалості і кількості циклів «заморожування-розморожування», свідчить про плавну зміну коефіцієнта морозостійкості (рис. 1), при цьому у пробах матеріалу ІЗК контрольований показник залишається незмінним протягом усього часу проведення експерименту (рис. 1, 1).

Однозначні висновки проведених досліджень можна зробити і по відношенню щодо проб спеціальних матеріалів ТСК-15 та БЦК. Так, після першої години експозиції коефіцієнт морозостійкості у статичних умовах матеріалу ТСК-15 залишився на рівні одиниці, а матеріалу БЦК – зменшився та став рівним 0,86 (табл. 2). Отже загальна тенденція є очевидною: збільшення часу експозиції призводить до зменшення значення коефіцієнта морозостійкості в обох пробах зазначених спеціальних матеріалів, проте темп зменшення для ПМБК-Н у часі є більш інтенсивним (рис. 1, 2).

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Проведені експерименти та аналіз отриманих результатів дають право стверджувати, що найбільш морозостійким спеціальним матеріалом у статичних умовах низьких температур є спеціальний матеріал ІЗК з полімерним покриттям, який виготовлений на тканинній основі (поліамід 40 % + бавовна 60%) з двостороннім покриттям з каучуку типу СКЕПТ-40.

Крім того, необхідно зазначити, що запропонована методологія проведення досліджень надає можливість ефективного вивчення та оцінювання впливу низьких температур у статичних умовах на захисні властивості спеціальних матеріалів для ізолюючих костюмів.

Література

1. Дослідження матеріалів, які використовують для виготовлення захисного одягу робітників-апаратників та слюсарів хімічної промисловості./ Михайлова Н.В., Привала В.О. - Хмельницький, Вісник ХНУ, 2018 р., № 1.- С. 124-129.

2. Аналіз умов праці робітників, які виконують очищення закритих ємностей від хімічно агресивних речовин. / Михайлова Н.В., Привала В.О. - Хмельницький, Вісник ХНУ, 2017 р., № 2 - С.96-103.
3. Ukrprofzashchita [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https:// http://ukrprofzahyst.com.ua/ru/odezhda-khimzaschity](https://http://ukrprofzahyst.com.ua/ru/odezhda-khimzaschity).
4. Types of overalls for protection against chemically aggressive environments [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pcgroup.ru/blog/vidy-specodezhdy-dlya-zaschity-ot-himicheski-agressivnyh-sred>.
5. Galieva E.R. Analysis of insulating chemical suits as the main factor in the development of a universal technology for the manufacture of special protective clothing / Galieva E.R., Nurullina G.N., Abzaltdinova M.A. // Kazan, Bulletin of the Technological University. - 2016. - No. 8. – pp. 73–74.
6. Overalls and footwear with protection against chemicals [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://forma-odezhda.ru/encyclopedia/specodezhda-i-obuv-s-zacshitoj-ot-himicheskikh-vecshestv>
7. Protective suits "Lakeland" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.raboservice.ru/images/doc/lakeland_1.pdf
8. ГОСТ 27652-88. Костюмы мужские для защиты от кислот. Технические условия. – Взамен ГОСТ 12.4.036-78; Введ. 01.01.90.: Изд-во стандартов, 1988. – 23 с.
9. Польская норма Р № 72/Р-04639. Определение кислотостойкости тканей. – Варшава, 1972. – 17 с.
10. ГОСТ 17-345-85. Ткани из химических волокон и их смесей с хлопком с кислотоотталкивающей пропиткой для спецодежды. Технические условия. Введ. 01.01.85. – Калинин. ЦНИИШВ. 1984. – 6 с.
11. ГОСТ 20876-75. Кожа искусственная. Метод определения морозостойкости в динамических условиях. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/standart/181960
12. Костюми захисні в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/Kostyummy-izoliruyuschie.html>.
13. Бузов Б.А., Никитин А.В. Исследование материалов для одежды в условиях пониженных температур. – М.: Легпромбытиздат, 1980. – 224 с.
14. Обґрунтування вибору показників для вивчення і оцінки захисних властивостей спеціальних матеріалів ізолюючого костюма працівників хімічної промисловості.- Хмельницький, "Вісник ХНУ", № 5, 2018 р.- С.50-54.
15. ГОСТ 15162-82. Кожа искусственная и синтетическая и пленочные материалы. Методы определения морозостойкости в статических условиях. Взамен ГОСТ 15162-69, ГОСТ 8974-78; Введ. 01.07.83.
16. ГОСТ 28789-90 (ИСО 4675-79). Ткани с резиновым или пластмассовым покрытием. Испытание на изгиб при низкой температуре. Введ. 01.01.92. – 1991. – 6 с.
17. Новий прилад по визначенню повітропроникнення матеріалів для одягу / Привала В.О., Мичко А.А., Михайлова Н.В. – Хмельницький, Вісник ТУП, 2003, № 5 - С.63-65.

References

1. Research of materials used for the production of protective clothing of hardware workers and fitters of the chemical industry./ Mykhaylova N.V., Pryvala V.O. - Khmelnytskyi, KHNU Bulletin, 2018, No. 1. - P. 124-129.
2. Analysis of the working conditions of workers who clean closed containers from chemically aggressive substances. / Mykhaylova N.V., Pryvala V.O. - Khmelnytskyi, KHNU Bulletin, 2017, No. 2 - P.96-103.
3. Ukrprofzashchita [Electronic resource]. – Access mode: [https:// http://ukrprofzahyst.com.ua/ru/odezhda-khimzaschity](https://http://ukrprofzahyst.com.ua/ru/odezhda-khimzaschity).
4. Types of overalls for protection against chemically aggressive environments [Electronic resource]. – Access mode: <https://pcgroup.ru/blog/vidy-specodezhdy-dlya-zaschity-ot-himicheski-agressivnyh-sred>.
5. Galieva E.R. Analysis of insulating chemical suits as the main factor in the development of a universal technology for the manufacture of special protective clothing / Galieva E.R., Nurullina G.N., Abzaltdinova M.A. // Kazan, Bulletin of the Technological University. - 2016. - No. 8. – pp. 73–74.
6. Overalls and footwear with protection against chemicals [Electronic resource]. – Access mode: <https://forma-odezhda.ru/encyclopedia/specodezhda-i-obuv-s-zacshitoj-ot-himicheskikh-vecshestv>
7. Protective suits "Lakeland" [Electronic resource]. – Access mode: https://www.raboservice.ru/images/doc/lakeland_1.pdf
8. GOST 27652-88. Men's suits for protection against acids. Technical conditions. – Instead of GOST 12.4.036-78; Input 01.01.90.: Standard Publishing House, 1988. - 23 p.
9. Polish norm R No. 72/R-04639. Determination of acid resistance of fabrics. - Warsaw, 1972. - 17 p.
10. GOST 17-345-85. Fabrics from chemical fibers and their mixtures with cotton with acid-repellent impregnation for workwear. Technical conditions. Input 01.01.85. - Kalinin. TsNIISHV. 1984. - 6 p.
11. GOST 20876-75. Artificial leather. The method of determining frost resistance in dynamic conditions. [Electronic resource]. – Access mode: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/standart/181960
12. Protective suits in Ukraine [Electronic resource]. – Access mode: <https://prom.ua/Kostyummy-izoliruyuschie.html>.
13. Buzov B.A., Nikityn A.V. Research of materials for clothing at low temperatures. - M.: Legprombytizdat, 1980. - 224 p.
14. Justification of the choice of indicators for the study and evaluation of the protective properties of special materials of the insulating suit of chemical industry workers.
15. GOST 15162-82. Artificial and synthetic leather and film materials. Methods of determining frost resistance in static conditions. Instead of GOST 15162-69, GOST 8974-78; Input 01.07.83
16. GOST 28789-90 (ISO 4675-79). Fabrics with a rubber or plastic coating. Bending test at low temperature. Input 01.01.92
17. A new device for determining the air permeability of clothing materials./Pryvala V.O., Mychko A.A., Mykhaylova N.V. – Khmelnytskyi, Visnyk TUP, 2003, No. 5 - P.63-65.