

## ПРОЕКТУВАННЯ ВОЛОГОЗАХИСНОГО ОДЯГУ З ПРОГНОЗОВАНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПАРПРОНИКНОСТІ

У статті розглянуто аспекти виготовлення вологозахисного одягу з високими показниками паропроникності. Виконано аналіз сучасних напрямів створення вологозахисного одягу. Проведено аналіз текстильних матеріалів для виготовлення вологозахисної спортивної куртки та розроблено рекомендації щодо конструктивного устрою куртки. Виконано аналіз варіантів ниткових з'єднань, що використовуються для виготовлення захисного одягу. Надано характеристику вітчизняних та закордонних способів визначення паропроникності текстильних матеріалів. На основі проведеного аналізу розроблено аналог установки для вимірювання паропроникності. Проведено експериментальну апробацію розробленої установки. Виконано порівняння значень паропроникності, отриманих гостованим та альтернативним методами.

Ключові слова: мембрана, паропроникність, вологозахисний одяг, установка.

H.A. KOSTIUK, N.V. SADRETDINOVA  
Kiev National University of Technologies and Design

### DESIGN OF WATERPROOF CLOTHING WITH PROJECTED VAPOUR PERMEABILITY INDICATORS

The article deals with aspects of manufacturing of waterproof clothing with high permeability characteristics. The analysis of modern directions of creation of waterproof clothes is executed. The analysis of textile materials for the production of a waterproof sports jacket was carried out and recommendations on the design of the jacket were developed. The analysis of variants of filament joints, used for manufacturing of protective clothing, is carried out. As a result of the analysis of constructive solutions of a sports jacket for extreme conditions with high humidity, a matrix of constructive and functional elements has been formed that will ensure the comfortable use of this type of clothing. On the basis of the analysis of the materials and the constructive system, the recommendations on the rational technological testing of the developed methodology was carried out, a study of samples of materials and packages of materials offered for the manufacture of a jacket was carried out on the developed installation according to ASTM E96 and GOST 22900-78 in the laboratory "Textile - TEST". Comparison of the values of vapour permeability obtained by guest and alternative methods is performed.

Keywords: membrane, vapour permeability, waterproof clothing, installation..

### Постановка проблеми

Людський організм у процесі життєдіяльності постійно виділяє у підодяговий простір вологу, кількість якої залежить від кліматичних умов, характеру праці та індивідуальних особливостей людини. Комфортний стан людини у значній мірі залежить від спроможності матеріалу забезпечувати виведення залишків пароподібної вологи з підодягового простору. На теперішній час ступінь комфорту став одним з основних критеріїв при проектуванні одягу [1].

Для створення вологозахисного одягу використовується велика кількість різних матеріалів, проте, найбільшою популярністю користуються мембранні тканини, які, поряд з високими вологозахисними властивостями, є досить комфортними завдяки паропроникності. Висока вологості в підодяговому просторі спричиняє охолодження організму людини. При цьому відбувається зміна функціонального стану центральної нервової системи та зменшується працездатність. Показник паропроникності, зокрема, одягу для спорту, туризму та відпочинку, є важливим показником, яким не можна нехтувати. Адже для матеріалу з хімічної сировини, які доволі часто використовуються у виробництві спортивного одягу, характерний низький рівень паропроникності.

Оскільки в поширенні мембранних матеріалів зацікавлені, в першу чергу, їх виробники, в джерелах масової інформації присутня велика кількість повідомлень, які «обіцяють» споживачеві максимальний комфорт при використанні одягу на мембранній основі в будь-яких умовах, не приводячи достатніх аргументів та не спираючись на результати конкретних досліджень. Наявна інформація про властивості мембранних тканин переважно стосується їх захисних функцій: водотривкості, термічного опору, тощо. Оскільки виробники зацікавлені в пропагуванні переваг мембранних тканин, надана інформація про їх властивості, особливо гігієнічні, потребує перевірки.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботі [2] наведена систематизація методів дослідження паропроникності текстильних матеріалів, надає можливість швидкого орієнтування в великій кількості методів та показників для визначення доцільності використання тієї чи іншої методики в залежності від задач дослідження.

Для розробки установки для визначення паропроникності за основу взято іноземний стандарт на, який існує нормативний документ ASTM E96 [3].

За відсутністю у лабораторіях КНУТД унормованих установок [4] для визначення теплозахисних характеристик матеріалів розроблено установку для визначення паропроникності.

Отже, на основі результатів проведеного аналізу було встановлено, що наразі існує необхідність в

додаткових дослідженнях паропроникності пакетів матеріалів на основі мембранних тканин. При цьому проблематичним є вибір обладнання для дослідження показника паропроникності, оскільки доступні у вітчизняних лабораторіях установки є застарілі, а процес визначення показника пов'язаний зі значними витратами часу та електроенергії.

Також потребують систематизації конструктивні та технологічні параметри, які сприятимуть покращенню ергономічності вологозахисного одягу при збереженні чи, навіть, покращенні його функціональності та зносостійкості.

#### Формулювання мети дослідження

В зв'язку з цим, метою дослідження є покращення ергономічності вологозахисного одягу за рахунок використання раціонально підбраного пакету матеріалів, конструкції та технології виготовлення.

#### Викладення основного матеріалу дослідження

Відомо, що властивості готового виробу значною мірою залежать від властивостей матеріалів, що використовуються для його виготовлення. З метою раціонального добору складових пакету спортивної куртки з вологозахисними властивостями було проведено аналіз текстильних матеріалів для верху, підкладки та утеплювача.

За результатами аналізу мембранних матеріалів для виготовлення вологозахисної куртки було обрано тканину з мембраною GORE-TEX, країна виробник США. Має два шари: верхній – поліефірна тканина полотняного переплетення, нижній водотривкий - ПТФЕ (тефлон), з поверхневою густиною 200 г/м<sup>2</sup>.

Для встановлення відповідності нормативним вимогам проведено дослідження повітропроникності, опору до зволоження та розривного навантаження поверхні мембранних тканин. Аналіз результатів свідчить про те, що обрані матеріали відповідають нормативним вимогам.

В якості підкладки обрано поліпропіленовий матеріал, як такий що забезпечує відведення зайвої вологи з підодягового простору. Для з'єднання деталей використовуються зносостійкі поліефірні нитки із комбінованою герметизацією. Для утеплювача рекомендується використовувати неткані матеріали Тінсулейт та Комфорттемп, які мають здатність утримувати повітря, зберігати тепло та зручні в експлуатації.

Виконано аналіз фурнітури для вологозахисної куртки. Для усунення зайвих отворів через які може проникати волога обрано фурнітуру: водотривку тасьму-блискаву, тасьма «велкро», куліси з регулюванням.

В результаті дослідження сучасних напрямів створення вологозахисного одягу, було встановлено, що шляхом застосування різних методів забезпечення вологозахисних властивостей одягу, можна отримати водонепроникний та вітронепроникний ергономічний захисний одяг. При цьому необхідно раціонально поєднувати конструкцію, технологію виготовлення виробу з методами забезпечення вологозахисних властивостей.

В результаті аналізу конструктивних рішень спортивної куртки для екстремальних умов з підвищеною вологістю сформовано матрицю конструктивних та функціональних елементів, що забезпечать комфортне використання даного виду одягу [5]. На основі проведеного аналізу матеріалів та конструктивного устрою розроблено рекомендації з раціонального технологічного устрою та комплектації одягу. Технічний рисунок спортивної куртки з вологозахисними властивостями (рис. 1).

Для забезпечення вологозахисних властивостей куртки використані наступні елементи:

- довжина нижче лінії стегон для збільшення площі захисту;
- рукав одношовний, вшивний з поглибленою проймою для забезпечення свободи руху;
- по низу рукава манжет з тасьмою «велкро» для фіксації низу рукава та усунення зайвих отворів через які може проникати волога;
- пілочка та спинка з кокеткою, яка виготовлена з мембранного матеріалу з більш високими показниками водотривкості;
- низ куртки з еластичною тасьмою та фіксаторами по бокам;

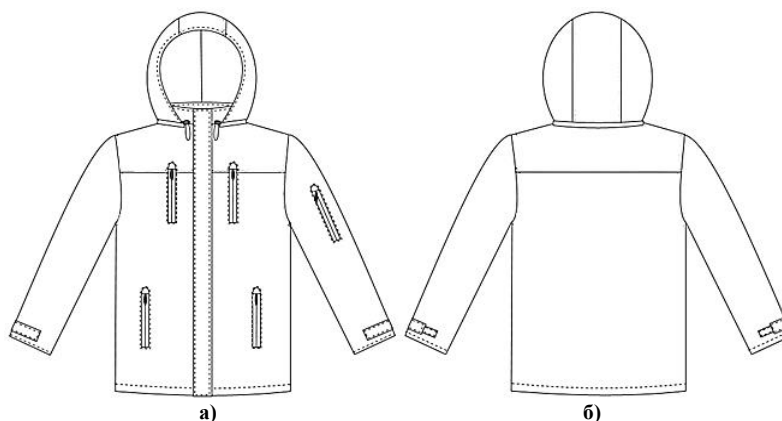


Рис. 1. Куртка вологозахисна: а) вигляд спереду; б) вигляд ззаду

- з капюшоном, який є знімний, двомовний, з підсиленням та додатковим захистом від вологи, з

регулюванням лицевого вирізу;

- з прорізними кишенями з водотривкою застіркою-блискавкою;
- з закритою застіркою на водотривку тасьму-блискаву з планкою на тасьму «велкро»;
- з внутрішніми накладними кишенями з прозорого полімерного матеріалу.

Одним з найбільш важливих чинників при розробці технологічного устрою виробу є вибір варіантів з'єднання деталей між собою. Для вологозахисного одягу рекомендують використовувати ниткові, клейові та зварювальні види з'єднань. Оскільки попередні дослідження показують, що клейові та зварювальні з'єднання є недовговічними, найкращим варіантом для заданого асортименту є ниткові з'єднання. При цьому постає питання про забезпечення герметичності швів оскільки в результаті проколів матеріалу голкою утворюються отвори, здатні пропускати вологу. Найбільш поширеним засобом забезпечення водотривкості швів є їх герметизація. Сучасні способи утворення герметичних швів приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Способи утворення герметичних швів [6]

Стадії обробки в процесі виготовлення швейного виробу	Способи
1	2
Обробку вихідних матеріалів і деталей	Попередня обробка швейних ниток: - спеціальне просочування швейних ниток; - спеціальне просочування ниток з наступним «тепловим ударом». Обробка країв деталей герметиком з наступним просушуванням: - з наступною обробкою швів відповідним розчинником; - з наступним покриттям місця з'єднання плівкою або стрічкою; - з наступним розплавленням нанесеного герметика; - без наступної обробки
Герметизації швів в момент зшивання	Подача герметика під час просування матеріалу при зшиванні. Накладення спеціальної прокладки в зоні виконання шва. Нашарування покриття із суміші речовин герметиків при шитті.
Герметизації швів готового виробу	Промазування швів вручну.
	Розпилювання герметика під тиском на шви. Прокладання спеціальної плівки, стрічки, тасьми по шву. Розплавлення попередньо нанесеного герметика або матеріалу. Опускання готового виробу в герметик.



Рис. 2. Умовне зображення шва

Оскільки герметичність швів може пошкоджуватись в процесі експлуатації та догляду за виробом, важливо правильно підібрати види швів для конкретних ділянок виробу. Такі дослідження були проведені в роботі [7] в результаті чого було встановлено, що в найбільш відповідальних місцях з'єднання деталей рекомендується використовувати шов з двома паралельними строчками (рис. 2).

Завдяки такій конструкції шва відсутні проколи на поверхні мембранної тканини. А за рахунок подвійної строчки, утворюється умовний бар'єр для вологи.

Як було зазначено вище для спортивного вологозахисного одягу поряд із захисною функцією важливе значення має комфортність. Основною умовою комфортності є створення нормальних умов вологозахисного мікроклімату, що можливе лише за умов збереження теплового балансу та регулювання вологості завдяки паропроникності матеріалів верху.

Паропроникність – здатність текстильних матеріалів пропускати пари вологи із середовища з підвищеною вологістю в середовище із зниженою вологістю.

Згідно завдань проведено аналіз вітчизняних та закордонних методів визначення паропроникності, в результаті якого були виділені наступні основні методи (рис. 3):

- «метод сорбенту» – за яким, перенесення пари здійснюється з зовнішнього середовища у склянку (рис. 3,а);
- «водний метод» – за яким, перенесення пари здійснюється у напрямку зі склянки у зовнішнє середовище (рис. 3,б);

- «перевернутий водний метод» – аналогічний «водному методу», але склянка перевернута так, що проба знаходиться в контактi з водою (рис. 3,в)

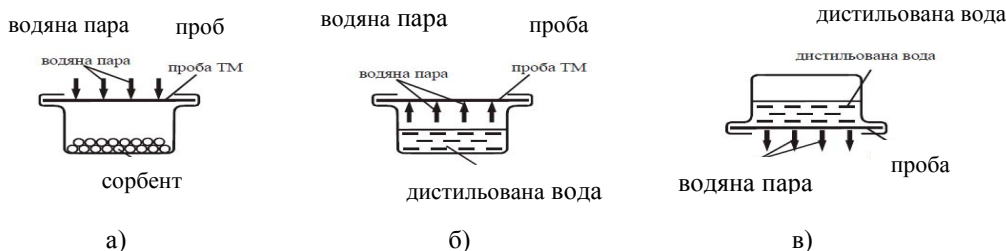


Рис. 3. Схеми визначення паропроникності за «методом склянки» згідно зі стандартом ASTM E96

Обладнання, що використовується для дослідження паропроникності, переважно імпортного походження та досить високої вартості. Доступні у вітчизняних лабораторіях установки є застарілі, а процес визначення показника пов'язаний із значними витратами часу та електроенергії. Тому виникла необхідність розробити аналог установки вимірювання паропроникності, прототипом якого обрано тест з «вертикально стоячою чашкою» ASTM E96, як такий, що найбільш повно імітує реальні умови процесу в умовах експлуатації.

Розроблена установка представлена на (рис. 4), принципова схема – (рис. 5).



Рис. 4. Установка для вимірювання паропроникності текстильних матеріалів

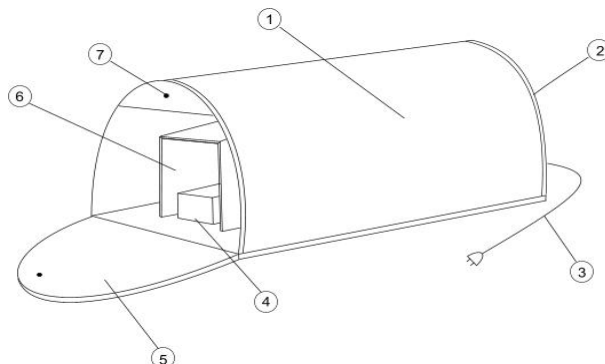


Рис. 5. Принципова схема установки для вимірювання паропроникності текстильних матеріалів

Тестування зразків проводиться в тунелі 6 (рис. 5), вміщеному в закрити камеру 1. Вхід до камери 5 фіксується затискачем 7. Температура в камері підтримується рівною  $(23 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ , температура точки роси в цих умовах дорівнює  $(12 \pm 1)^\circ\text{C}$  (50% відносна вологість). Повітря нагнітається за допомогою вентилятора 2, розміщеного на вході до внутрішнього коробу, що живиться від постійного джерела струму 3. Швидкість повітря в тунелі дорівнює  $(2,8 \pm 0,25) \text{ м/с}$ .

З тестованого матеріалу вирізується 5 круглих зразків, кожен з яких закріплюється за допомогою спеціального тримача зверху на чашці, що містить дистильовану воду.

Чашки зважуються з точністю до 0,001 г і потім поміщаються в тунель, до якого за допомогою вентилятора нагнітається повітря. Зважування зразків відбувається через певні проміжки часу.

Паропроникність розраховується за формулою:

$$WVTR = \frac{\left(\frac{G}{t}\right)}{A} = \frac{G}{t \cdot A}, \text{ [мг/см}^2 \cdot \text{год]} \quad (1)$$

де  $A$  – площа зразка,  $\text{см}^2$ ;  
 $t$  – час, год;

$G$  – кількість випарованої рідини, г;  
 $G = m - m_i, \text{ [г]} \quad (2)$

де  $m$  – маса чашки з рідиною до початку тестування, г;  
 $m_i$  – маса чашки через  $i$ -й проміжок часу, г.

Для побудови установки використано пластик, який не є гігроскопічним. Шви та ущелини герметично проклеєні за допомогою силіконового герметика.

- Устаткування, що використовувалось:
- ваги БВЕ-1кг;
  - психометр механічний «МВ-4-2м»;

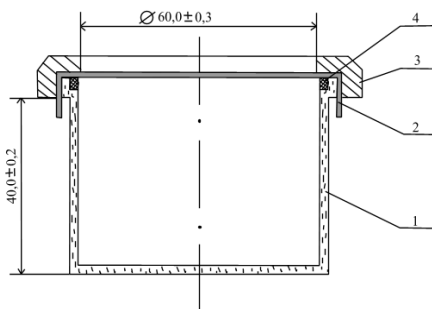


Рис. 6. Схема стаканчика: 1 – стаканчик; 2 – елементарна проба; 3 – кришка; 4 – гумова ущільнююча прокладка

- мірний стаканчик 250 мл;
- закрита камера;
- стаканчик скляний за ASTM E96.

Розмір стаканчика та форма (рис.6). Кожен стаканчик повинен мати загнуті всередину під кутом 90 ° краю, що утворюють робочий отвір і заплічок для розміщення зразка.

Діаметр робочого отвору в кришці, внутрішні діаметри отворів стаканчика – (60,0 ± 0,3) мм, висота стаканчика – (40,0± 0,2) мм.

Заготовляють елементарні проби діаметром (74,0 ± 0,5) мм. Для основи стаканчика взято баночка об’ємом 100 мг. В металевій кришці вирізаний робочий отвір з зазначеним діаметром.

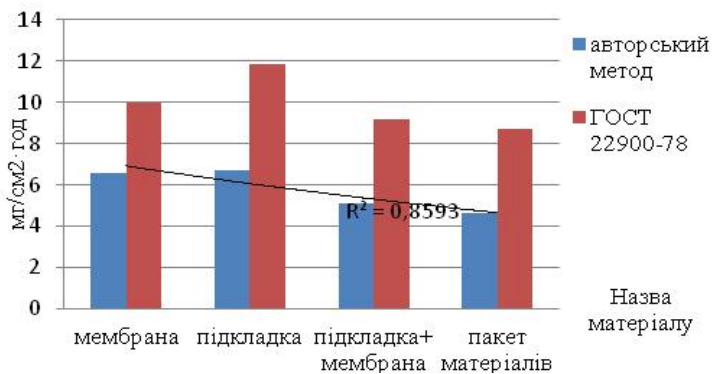
З метою апробації розробленої методики, проведено дослідження зразків матеріалів та пакетів матеріалів, які були запропоновані для виготовлення куртки, на розробленій установці за ASTM E96 та за ГОСТ 22900-78 в лабораторії «Текстиль – ТЕСТ» Київського національного університету технологій та дизайну. Результати досліджень представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Порівняння показників паропроникності**

Назва зразка	Характеристика зразка	Паропроникність, (мг/см <sup>2</sup> год)	
		авторський метод	ГОСТ 22900-78
Мембрана	GORE-TEX (США) – 100% ПТФЕ (політетрафторетилен, тефлон), поверхнева щільність – 200 г/м <sup>2</sup>	6,579	9,982
Підкладка	Склад підкладки – 100% ПЕ, поверхнева щільність – 50 г/м <sup>2</sup>	6,693	11,862
Мембрана + підкладка	GORE-TEX- 100% ПТФЕ +100% ПЕ	5,079	9,211
Пакет	Склад прокладкового матеріалу – 100% бавовна, поверхневою щільністю 140 г/м <sup>2</sup>	4,639	8,699

Як бачимо з даних таблиці 2, значення, отримані гостованим методом дещо відрізняються ніж значень, отриманих розробленим методом. Це можна пояснити відмінними умовами проведення дослідження. Вище було зазначено, що на паропроникність суттєвий вплив чинять температура та вологість навколишнього середовища. Для розробленого методу дослідження проводились при температурі (21±2) ° С та вологості (50 ± 1) %, для гостованого – температура (20 ± 2) ° С та вологості (50 ±1) %. До того ж робоча поверхня зразків також відрізнялась: для розробленого – (60,0 ± 0,3) мм, для гостованого – (35,7 ± 0,3) мм.



**Рис. 7. Порівняння результатів паропроникності**

Для встановлення відповідності отриманих результатів проведено кореляційний аналіз даних засобами умовно безкоштовного програмного забезпечення MS Office Excel (рис. 7). За умови використання лінійної функції для опису процесу коефіцієнт кореляції R – 0,86, що свідчить про високий рівень відповідності отриманих результатів.

Отже, розроблений метод досить точно описує процес проходження водяного пару через поверхню текстильних матеріалів та може використовуватись для дослідження паропроникності текстильних матеріалів в тому числі мембранних тканин та пакетів на їх основі.

На нашу думку, з метою уникнення неточного трактування при порівнянні результатів отриманих іншими методами, бажано використовувати показник відносної паропроникності, який визначається як відношення кількості водяного пару, що випаровується через поверхню зразка, до кількості водяного пару, що випаровується через відкриту поверхню.

**Висновки**

Проведено аналіз асортименту та властивостей матеріалів для виготовлення вологозахисного спортивного одягу, на основі якого виконано обґрунтований вибір складових пакету.

Розроблено рекомендації, щодо конструктивного устрою курток з вологозахисними властивостями. Запропоновано методи забезпечення вологозахисних властивостей одягу.

На основі аналізу вітчизняних та закордонних методів визначення паропроникності, розроблено аналог установки вимірювання паропроникності, прототипом якого обрано тест з «вертикально стоячою чашкою» ASTM E96. Проведено дослідження показників паропроникності.

В результаті порівняння значень паропроникності, отриманих гостованим та альтернативним методами, встановлено високий рівень відповідності отриманих результатів. Це дає підставу вважати, що розроблений метод досить точно описує процес проходження водяного пару через поверхню текстильних матеріалів та може використовуватись для дослідження паропроникності текстильних матеріалів в тому числі мембранних тканин та пакетів на їх основі.

### Література

1. Павлюковець Р. Г. Стан легкої промисловості на I квартал 2008 року / Р. Г Павлюковець // Легка промисловість. – К., 2008. – № 5. – С. 39–43.
2. Арабулі С. І. Порівняльний аналіз методів визначення паропроникності текстильних матеріалів / С. І. Арабулі // Вісник *КНУТД*. – К., 2017. – № 3(110). – 32 с.
3. ASTM E96 1995 Standard Test Methods for Water Vapour Transmission of Materials, in. 'Annual Book of ASTM Standards 4.06'. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 1995.
4. Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропрооницаемости и влагопоглощения : ГОСТ 22900-78. – М. : ИПК Издательство стандартов 1998. – 8 с.
5. Костюк Г. О. Проектування вологозахисного одягу з прогнозованими показниками паропроникності : дис. ... спец. 8.05160202 «Конструювання та технології швейних виробів» / Костюк Ганна Олександрівна – К., 2017. – 106 с.
6. Костромина С.В. Наиболее перспективне разработки в области производстваспециальной одежды для защиты от воды и повышенной влажности воздуха / С.В. Костромина // Грамота. — 2010. — № 3. Ч. I. – С. 15–17.
7. Позняк Н. Ю. Перспективні напрями створення вологозахисного одягу : дис. ... спец. 8.05160202 «Конструювання та технології швейних виробів» / Позняк Наталія Юріївна. – К., 2017. – 91 с.

### References

1. Pavliukovets R. H. Stan lehkoi promyslovosti na I kvartal 2008 roku / R. H Pavliukovets // Lehka promyslovist. – K., 2008. – 5. – S. 39–43.
2. Arabuli S. I. Porivnialnyi analiz metodiv vyznachennia paroprornyknosti tekstylnykh materialiv / S. I. Arabuli // Visnyk KNUTD. – K., 2017. – 3(110). – 32 s.
3. ASTM E96 1995 Standard Test Methods for Water Vapour Transmission of Materials, in. 'Annual Book of ASTM Standards 4.06'. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 1995.
4. Kozha yskusstvennaia y plenochnye materyaly. Metody opredeleniia paroprornytsaemosty yvlahopohloshcheniia : HOST 22900-78. – M. : YPK Yzdatelstvo standartov 1998. – 8 s.
5. Kostiuk H. O. Proektuvannia volohozakhysnoho odiahu z prohnnozovanymy pokaznykamy paroprornyknosti : dys. ... spets. 8.05160202 «Konstruiuvannia ta tekhnolohii shveinykh vyrobiv» / Kostiuk Hanna Oleksandrivna. – K., 2017. – 106 s.
6. Kostromyna S.V. Nayboleo perspektivne razrobotky v oblasti proyzvodstvaspetsyalnoi odezhdly dlia zashchyty ot vody y povyshennoi vlazhnosti vozdukha / S.V. Kostromyna // Hramota. — 2010. — 3. Ch. I. – S. 15–17.
7. Pozniak N. Yu. Perspektivni napriamy stvorennia volohozakhysnoho odiahu : dys. ... spets. 8.05160202 «Konstruiuvannia ta tekhnolohii shveinykh vyrobiv» / Pozniak Nataliia Yuriiivna. – K., 2017. – 91 s.

Рецензія/Peer review : 14.12.2017 р.

Надрукована/Printed :20.01.2018 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Березненко С. М.