

**ГОРЯЩЕНКО СЕРГІЙ**

Хмельницький національний університет  
ORCID ID: [0000-0001-6623-2523](https://orcid.org/0000-0001-6623-2523)  
e-mail: [horishchenko@khmnu.edu.ua](mailto:horishchenko@khmnu.edu.ua)

**ГОЛІНКА ЄВГЕНІЯ**

Хмельницький національний університет  
ORCID ID: [0000-0003-0860-7926](https://orcid.org/0000-0003-0860-7926)  
e-mail: [ievgeniia.golinka@gmail.com](mailto:ievgeniia.golinka@gmail.com)

**ДРАПАК ГЕОРГІЙ**

Хмельницький національний університет  
ORCID ID: [0000-0002-4908-0887](https://orcid.org/0000-0002-4908-0887)  
e-mail: [g\\_drapak@i.ua](mailto:g_drapak@i.ua)

**ГОРЯЩЕНКО КОСТЯНТИН**

Хмельницький національний університет  
ORCID ID: [0000-0002-7034-8702](https://orcid.org/0000-0002-7034-8702)  
e-mail: [kostyakst@ukr.net](mailto:kostyakst@ukr.net)

**ПОЛІЩУК ОЛЕГ**

Хмельницький національний університет  
ORCID ID: [0000-0002-9764-8561](https://orcid.org/0000-0002-9764-8561)  
e-mail: [opolishchuk71@gmail.com](mailto:opolishchuk71@gmail.com)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕДНЬОГО СКЛЕЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ПОЛІМЕРНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

*В роботі наведено результати досліджень попереднього склеювання деталей легкої промисловості, а саме деталей зі шкіри та штучної шкіри у пакет. Запропоновано зонну нанесення полімерного клеючого матеріалу, та визначеного значення міцності для різних типів пакетів. Отримані дані показують, що для забезпечення необхідної міцності попередньо склеєних деталей цілком можливо використання запропонованого зонного нанесення полімерного клеючого матеріалу. Значення міцності достатньо для подальшого транспортування деталей легкої промисловості на подальшу технологічну позицію без зміщення. Це може бути використано для систем автоматизованого складання заготовок верху взуття, зшивання, маніпулювання тощо.*

*Ключові слова: полімер, склеювання, адгезія, легка промисловість.*

HORIASHCHENKO Serhiy, HOLINKA Ievgeniia,  
DRAPAK Georhiy, HORIASHCHENKO kostyantun, POLISHCHUK Oleg  
Khmelnitskyi National University

## RESEARCH OF TRANSVERSE GLUING OF LIGHT INDUSTRY PARTS WITH POLIMERIC MATERIALS

*The paper presents the results of research on the preliminary gluing of parts of light industry, namely parts made of leather and artificial leather into a package. Zonal application of polymer adhesive material and a defined strength value for different types of packages are proposed. The relative displacement of the parts will lead to a violation of the integrity of the package and the destruction of the adhesive bond between them. That is, any relative displacement of the parts must lead to the destruction of their previously set position and is considered unacceptable. Therefore, determining the strength of the adhesive fixation of parts, which keeps them in a given position and determines the main task of the research. The substance used as an adhesive must ensure the fixation of the details of the shoe upper in a short period of time. This time is necessary only for the formation and stitching of a package of parts and depends on the parameters of the technological process and the performance of the equipment. In our case, when a pair of shoe upper blanks must be formed in one minute.*

*To accurately determine the strength of the adhesive interaction between two parts, it is proposed to use the method of shifting (tearing) the adhesive joint. It was taken into account that natural and artificial leather have front and back sides that differ from each other. Namely, the dorsal side has larger capillary radii and greater porosity than the front side. Polymer material for gluing - Desmocol - was also chosen for research. The obtained values made it possible to form a general characteristic of the strength of adhesive joints for this type of polymer material used as glue. The obtained data show that it is quite possible to use the proposed zonal application of polymer adhesive material to ensure the non-slip strength of pre-glued parts. The strength value is sufficient for the further transportation of parts of the light industry to the next technological position without displacement. This can be used for systems of automated assembly of shoe upper blanks, stitching, manipulation, etc.*

*Key words: polymer, gluing, adhesion, light industry.*

### Постановка проблеми у загальному вигляді

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

Автоматизоване склеювання може супроводжуватись відносним зміщенням деталей при формуванні пакету та його скріпленні. Аналітичні дослідження дозволяють виконати кількісну оцінку величини сили адгезивної фіксації деталей у пакеті. Відносне зміщення деталей призведе до порушення цілісності пакету і руйнування адгезійного зв'язку між ними. Тобто будь-яке відносне зміщення деталей має призвести до руйнування попередньо заданого їм положення і вважається неприпустимим. Тому визначення сили адгезивної фіксації деталей, що утримує їх у заданому положенні і визначає основну задачу досліджень.

### Аналіз досліджень та публікацій

Для виконання адгезивного методу фіксації деталей слід розглянути процес нанесення шару речовини.

В багатьох роботах [1, 2, 3, 4] розглядаються методи попередньої фіксації стопки деталей за допомогою клею та визначенню міцності. Речовина наноситься перед накладанням деталей, що сприяє створенню додаткових сил зчеплення між ними, і обумовлює виникнення сили фіксації. Сила фіксації деталей - це сила адгезивної взаємодії речовини та деталі, що залежить від значення сили міжмолекулярного зчеплення рідини [1]. Крім того, сила фіксації призводить до протидії силам деформації деталей, які можуть загинати їх краї. Вказані деформації можуть з'являтися через релаксаційні явища, які мають місце після виготовлення деталей.

Як свідчать дослідження [2, 3, 4] нанесення на деталь шару речовини супроводжуються протіканням нищезгаданих явищ:

1. Змочування поверхні деталі верху взуття;
2. капілярне проникнення речовини у структуру пористого матеріалу деталей верху взуття;

Речовина, яка використовується у якості адгезиву, повинна забезпечити фіксацію деталей верху взуття на короткому проміжку часу. Цей час необхідний лише для утворення та зшивання пакету деталей і залежить від параметрів технологічного процесу та продуктивності обладнання. У нашому випадку, коли пара заготовок верху взуття повинна утворитися за одну хвилину, весь технологічний час складається з часу виконання окремих операцій процесу: їх спряження деталей, пресування, транспортування та зшивання. Тому процес капілярного проникнення повинен відбутися менш ніж за хвилину [5].

Фіксація матеріалу на границі речовина - матеріал відбувається завдяки силам, які можливо розглянути на основі електрорелаксаційної теорії [3, 6]. Згідно з цією теорією, сили зчеплення виникають при взаємодії атомів рідини та твердого тіла і будуть залежати від площі контакту поверхонь та ступеня їх змочування. Запропонований підхід, дозволяє розглянути процес змочування як гідродинамічне розтікання рідини по поверхні твердого тіла, а краплину рідини - як квазістаціонарну форму.

Технічні вимоги до взуттєвих клеїв визначаються залежно від тих навантажень, які відчувають ті чи інші клейові з'єднання в конструкції взуття при її експлуатації.

Однак існують загальні вимоги до взуттєвих клеїв, що стосуються їх технологічності і стабільності при зберіганні. Клей повинен мати певну в'язкість, що забезпечує його легкий розподіл по склеювальній поверхні: занадто висока в'язкість перешкоджає розтіканню клею по склеюваній поверхні, низька в'язкість сприяє стіканню його з поверхні, не забезпечуючи створення клейової плівки необхідної товщини.

Оптимальна в'язкість взуттєвих клеїв знаходиться в межах 0,2 - 0,7 Па - а важливою технологічною характеристикою взуттєвих клеїв є "відкритий" час, тобто час, протягом якого клейова плівка зберігає клейкість. Найбільше відкритий час мають клеї на основі каучуків - 20 - 30 хв. Для клеїв - розплавів "відкрите" час варіюється в інтервалі 5-10 с.

Взуттєві клеї повинні бути швидкосклеювані і швидковисихаючими. Швидкість схоплювання взуттєвих клеїв залежить від їх хімічного складу і знаходиться в межах від декількох секунд ( для клеїв - розплавів ) до десятків хвилин ( для клеїв на органічних розчинниках ). Швидкість схоплювання клею визначається по зростанню міцності склеювання в часі.

Стабільність клейової композиції характеризуються тривалістю збереження її технологічних властивостей в первод зберігання і використання.

Клей повинен зберігати робочу в'язкість, нерозшаровуватися на окремі фази, що не структуруються до нанесення його на поверхні, що склеюються. Латексний клей не повинен коагулювати в процесі зберігання. Клеї тваринного або рослинного походження не повинні загнивати.

Основним показником якості клею вважається міцність склеювання зразків матеріалів верху і низу взуття при розшаруванні. Визначаються міцність склеювання через 1 хв. після пресування, що характеризує швидкість схоплювання клею.

Для приклеювання підшов використовують поліхлоропренові і поліуретанові клеї, деякі види комбінованих клеїв. Для клейового з'єднання застосовують поліхлоропренові клеї у вигляді розчинів в органічних розчинниках і у вигляді латексів, а також клеї-розплави. Міцність склеювання при зсуві нормується при виконанні операції клейового з'єднання, оскільки клейове з'єднання в цьому випадку має протистояти напруженням зсуву, що виникають відразу ж після закінчення процесу формування і розвиваються в процесі експлуатації взуття. Нормативний показник становить 1,2 - 5 - 1,6 МПа.

Міцність склеювання на допоміжних операціях може бути порівняно невисокою - 0,8 - 1,0 кН/м. На таких операціях використовують переважно клеї на основі бутадієн - стирольних латексів, полівінілацетатні дисперсії, клеї з натурального каучуку і в незначній кількості мездрові клеї та клеї з харчової сировини - декстриново - борошняні та казеїнові.

### Виклад основного матеріалу

З метою визначення параметра оптимізації та вибору схеми планування експерименту був проведений аналіз апріорної інформації [5, 13]. Аналіз дозволив встановити фактори від яких залежать кількісні та якісні показники які впливають на якість клейового з'єднання. На основі цього аналізу зроблені висновки, що при утворенні пакету деталей, на значення міцності клейового з'єднання впливають:

- фізичні властивості матеріалу;
- фізичні властивості рідини;
- площа контакту матеріалів;
- кількість рідини, що наноситься.

В свою чергу деякі з цих факторів є похідними геометричних та технологічних параметрів пристрою для складання деталей, що дозволить проводити дослідження оперуючи останніми. Виходячи з цього, розділимо змінні параметри експериментальної установки на групи згідно їх зв'язків з вищевизначеними факторами.

Незалежними параметрами є властивості рідини та матеріалів деталей. Площа контакту залежить від кількості рідини, що наноситься на поверхню деталей, і контактує з деталями. Температура залежить від середовища в якому експлуатується взуття. Після проведених пошукових експериментів виявлено значення необхідної кількості рідини для певної площі контакту. Значення кількості рідини, що наноситься, при дослідженнях вибрано:  $(0,1..0,2) \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$  - для лицьової сторони таких матеріалів, як натуральна та штучна шкіра. Отже для системи "деталь-рідина-деталь" при проведенні експериментальних досліджень ефективність підвищення точності вимірювання міцності клейового з'єднання визначалась наступними показниками: часом пресування; кількістю рідини, що наноситься.

Якість клейового з'єднання в експериментальній установці визначалась за допомогою системи вимірювань і запису [5, 6]. Кількість рідини наносилась в відповідності до визначених раніше її об'ємів. Час пресування обумовлений продуктивністю пристрою для автоматизованого розривання. Він не повинен перевищувати 2 хв. і тому діапазон значень часу пресування склав від 30с до 2 хв. Отже було вибрано час - 1 хв.

Для проведення експерименту вибрані зразки, що представлені у таблиці 1. Розміри зразків взяті згідно з ГОСТ 14759-69. Характеристики полімерних матеріалів представлені у таблиці 2 [8, 10].

Таблиця 1

**Характеристики матеріалів верху взуття**

Матеріал	Красвий кут змочення, $\cos \theta$	Середній радіус капілярів, м	Пористість матеріалу, %
Синтетична шкіра СК-2 ГОСТ 16119-70	0,2756	$9,55 \cdot 10^{-7}$	80
Шкіра яловичина ГОСТ 939-75	0,61	$1,05 \cdot 10^{-7}$	35

Таблиця 2

**Характеристика полімерних клеїв**

Назва клею	Температура застигання, °С	Час досягнення максимальної міцності, хв
Наірит	15-20	7-10
Десмокол	20	2880
88 універсальний	20	1200

Для точного визначення сили адгезивної взаємодії між двома деталями, запропоновано використати метод зсуву (розриву) клейового з'єднання [8]. Такій підхід, на наш погляд, цілком виправданий, тому що на деталі буде діяти сила, яка направлена вздовж їх поверхні, так як це може призвести до зміни положення деталі у просторі, і, як наслідок, виникне похибка базування. Це дозволяє визначити значення сил зчеплення деталей, що дає змогу порівняти їх з силами, які будуть діяти на ці деталі при подальшій її експлуатації [7].

Було враховано те, що натуральна та штучна шкіри мають лицьову та бахтармяну сторони, які відрізняються між собою. А саме, бахтармяна сторона має більші радіуси капілярів та більшу пористість ніж лицьова. Також обираємо для подальших досліджень полімерний матеріал для склеювання – Десмокол.

Для попередньої клейової фіксації деталей використаємо схему нанесення клею згідно рис.1, де 1 – верхня деталь, 2 – нижня базова деталь, 3 – місця нанесення полімерних скріплюючих матеріалів. Для зразків, розміри яких відповідають вимогам для визначення зусилля скріплення на розривних машинах вибрано зони нанесення полімерного адгезиву по 4-м точкам.

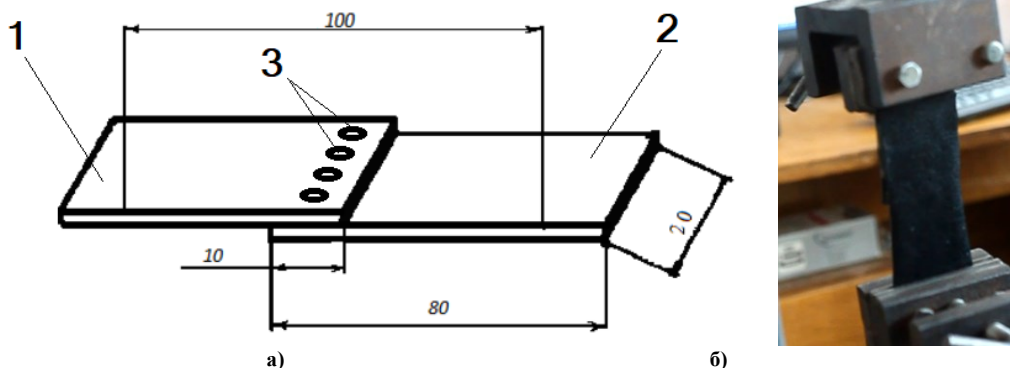


Рис. 1. Схема попередньої фіксації двох зразків деталей (а) та їх закріплення на розривній машині (б).

Прийняті наступні змінні фактори: температура в клейовому з'єднанні – P; час до розриву – t; - площа клейового шва (4 ділянки з діаметрами до 5 мм) складала до 80 мм<sup>2</sup>.

Результати деяких експериментальних даних залежності міцності від часу до розриву показані на рис.2. Значення величини сили розриву дозволило визначити міцність клейового шва та відповідно стійкість його до зовнішнього навантаження зсува. Отримані графічні залежності міцності склеювання, що показані на рис. 2. Характеризують перехідний процес, що відбувається у попередньо склеєних деталей легкої промисловості.

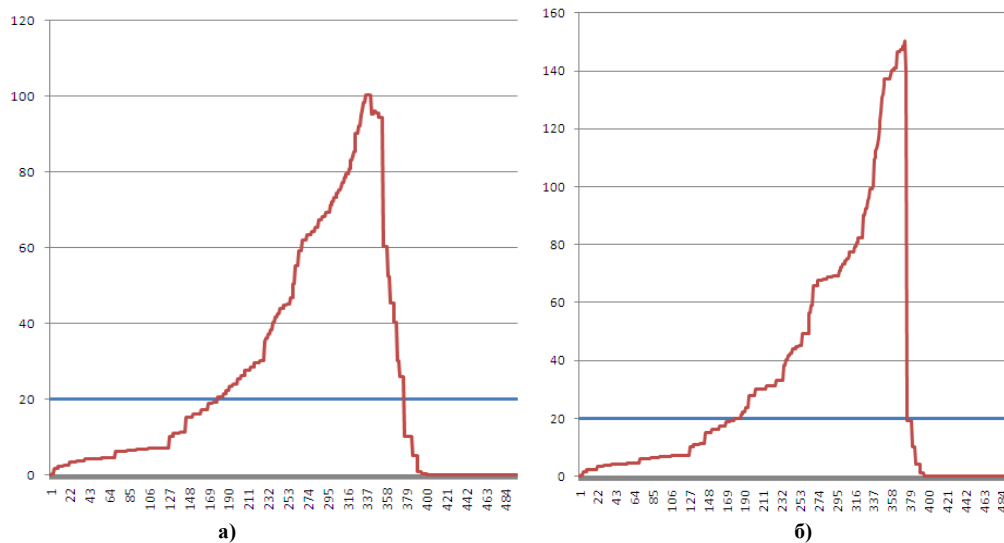


Рис. 2. Графік залежності міцності склеювання пакету деталей з натуральної шкіри (а) та пакету деталей зі штучної шкіри (б)

Після проведення експерименту були отримані рівняння регресії для декількох пакетів деталей легкої промисловості, а саме для пакету штучна-натуральна шкіра:

$$F_1(P, t) := 7 + 4,65 \cdot P - 2,0 \cdot t + 3,12 \cdot P \cdot t, \tag{1}$$

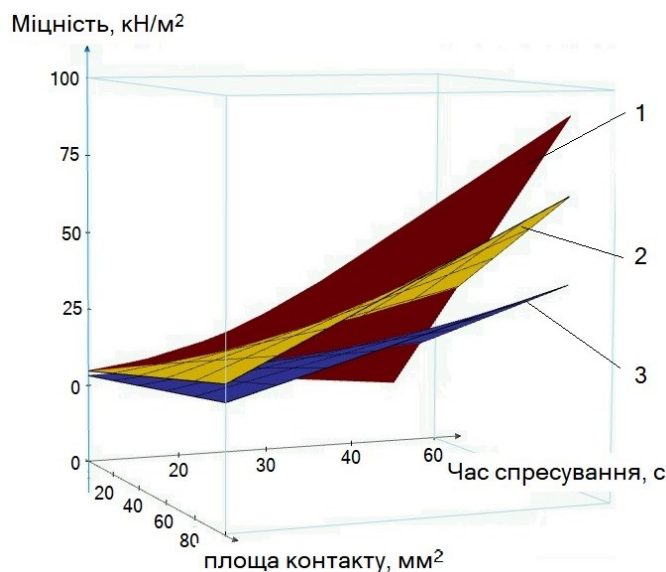
для пакета натуральна - натуральна шкіра:

$$F_1(P, t) := 10 + 5,7 \cdot P - 8,2 \cdot t + 5,12 \cdot P \cdot t, \tag{2}$$

для пакета штучна - штучна шкіра:

$$F_1(P, t) := 13 + 11,6 \cdot P - 14,8 \cdot t + 8,3 \cdot P \cdot t. \tag{3}$$

Отриманні значення дозволили сформувати загальну характеристику міцності клеєвих з'єднань для даного типу полімерного матеріалу, що використовувався у якості клею. Отриманий результат показано на рис.3.



1 – пакет деталей шкіра-шкіра, 2- пакет деталей шкіра- штучна шкіра, 3 – пакет деталей штучна шкіра, штучна шкіра.

Рис. 3. Залежність міцності від площі контакту з полімерним матеріалом та часу пресування

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

З отриманих даних можемо зробити висновок, що для забезпечення необхідної міцності попередньо склених деталей цілком можливо використання зонного нанесення полемерного клеючого матеріалу. Цього достатньо для подальшого транспортування деталей легкої промисловості на подальшу технологічну позицію без зміщення. Це може бути використано для систем атоматизованого складання заготовок верху взуття, зшивання, маніпулювання тощо.

Крім того зонне нанесення полімерів забезпечує подальшу більшу гнчкість вже сформованого пакету деталей при формуванні просторової заготовки.

### Література

1. Pashkevich K. Study of Properties of Overcoating Fabrics during Design of Women's Clothes in Different Forms / K. Pashkevich, M. Kolosnichenko, O. Yezhova, O. Kolosnichenko // *Tekstilec* 61 (4), p. 224-234. DOI: 10.14502/Tekstilec2018.61.2..
2. Гавенко С. Ф. Кінетика пошкодження і руйнування клейових з'єднань при експлуатації / С. Ф. Гавенко // *Поліграф. і вид. справа*. 2012. № 3. С. 91–96
3. Suzanne Wilson-Higgins. Trends in book manufacturing on-demand. The Impact of Print-On-Demand on Academic Books. 2018. pp. 119–132
4. Палюх О. О. Експериментальне визначення міцності склеєних зразків паперу і картону для виготовлення книжково-журнальних обкладинок і палітурок різних конструкцій / О. О. Палюх // *Технологія і техніка друкарства*. 2017. № 4(58). С. 11–24. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(58\).2017.132540](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(58).2017.132540).
5. Єжова, О. В. Технологія оброблення швейних виробів: Навчальний посібник / О. В. Єжова, О. В. Гур'янова. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 256 с.
6. Баженов, С.Л. Полімерні композиційні матеріали: міцність і технологія / С.Л. Баженов, А.А. Берлін, А.А. Кульків, В.Г. Ошмяни. - Долгопрудний: Видавничий Дім «Інтелект». - 2010. - 352 с.
7. Тараскін, Н.Ю. Особливості методики дослідження властивостей полімерних композиційних матеріалів методом динамомеханічного аналізу / Н.Ю. Тараскін, Є.К. Філіна, Г.В. Малишева // *Усі матеріали. Енциклопедичний довідник*. - 2014. - №7. - С. 9-13.
8. Темників, В.Н., Застосування полімерних матеріалів при технічному обслуговуванні та ремонті машин: монографія / В.М. Темників, В.І. Башкирцев, Ю.В. Башкирцев. - М.: ФГБОУ «РІАМА». - 2011. - 229 с.
9. Camillo, J. Riveting: Self-Piercing Rivets vs. Spot Welding / J.Camillo// *Assembly Magazine*. - 2010. - December 23.
10. Матеріали та виробы текстильні і шкіряні побутового призначення. Основні гігієнічні вимоги: ДСТУ 4239-2003 – [Чинний від 01-10-2004]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 24 с
11. Horiashchenko S. Research Spray and Device for Polymer Coatings on Fabric/ *Mechanika 2015 Proceedings Of The 20th International Scientific Conference, Kaunas - 2015*, p.101-104
12. Simulation and Research of the Nozzle with an Ultrasonic Resonator for Spraying Polymeric Materials / S. Horiashchenko, I. Golinka, A. Bubulis, V. Jurenas // *Mechanika*. – 2018. – Vol. 24, No 1. – P. 61-64.
13. Musiał, J.; Horiashchenko, S.; Polasik, R.; Musiał, J.; Kałaczyński, T.; Matuszewski, M.; Śrutek, M. Abrasion Wear Resistance of Polymer Constructional Materials for Rapid Prototyping and Tool-Making Industry. *Polymers* 2020, 12, 873.

### References

1. Pashkevich K. Study of Properties of Overcoating Fabrics during Design of Women's Clothes in Different Forms / K. Pashkevich, M. Kolosnichenko, O. Yezhova, O. Kolosnichenko // *Tekstilec* 61 (4), p. 224-234. DOI: 10.14502/Tekstilec2018.61.2..
2. Havenko S. F. Kinyetka poshkodzhennya i rujnuvannya klejovyx z'yednan" pry ekspluatatsiyi / S. F. Havenko // *Polihraf. i vyd. справа*. 2012. № 3. S. 91–96
3. Suzanne Wilson-Higgins. Trends in book manufacturing on-demand. The Impact of Print-On-Demand on Academic Books. 2018. pp. 119–132
4. Palyux O. O. Eksperymental'ne vyznachennya micnosti skleyenyx zrazkiv paperu i kartonu dlya vyhotovlennya knyzhkovozhurnal'nyx obkladynok i paliturok riznyx konstrukcij / O. O. Palyux // *Texnologiya i tekhnika drukarstva*. 2017. № 4(58). S. 11–24. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(58\).2017.132540](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(58).2017.132540).
5. Yezhova, O. V. Texnologiya obroblyennya shveyjnyx vyrobiv: Navchal'nyj posibnyk / O. V. Yezhova, O. V. Hur'yanova. – K.: Centr uchbovoyi literatury, 2017. – 256 s.
6. Bazhenov, S.L. Polimerni kompozycijni materialy: micnist' i texnologiya / S.L. Bazhenov, A.A. Berlin, A.A. Kul'kiv, V.H. Oshmyany. - Dolhoprudnyj: Vydavnychyj Dim «Intelekt». - 2010. - 352 s.
7. Taraskin, N.Yu. Osoblyvosti metodyky doslidzhennya vlastyvostej polimernyx kompozycijnyx materialiv metodom dinamomexanicheskoho analizu / N.Yu. Taraskin, Ye.K. Filina, H.V. Malysheva // *Usi materialy. Encyklopedychnyj dovidnyk*. - 2014. - №7. - S. 9-13.
8. Temnykiv, V.N., Zastosuvannya polimernyx materialiv pry texnichnomu obsluhovuvanni ta remonti mashyn: monohrafiya / V.M. Temnykiv, V.I. Bashkyrcev, Yu.V. Bashkyrcev. - M.: FHBOU «RIAMA». - 2011. - 229 s.
9. Camillo, J. Riveting: Self-Piercing Rivets vs. Spot Welding / J.Camillo// *Assembly Magazine*. - 2010. - December 23.
10. Materialy ta vyroby tekstyl'ni i shkiryani pobutovoho pryznachennya. Osnovni hiihyenichni vymohy: DSTU 4239-2003 – [Chynnyj vid 01-10-2004]. – K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2004. – 24 s
11. Horiashchenko S. Research Spray and Device for Polymer Coatings on Fabric/ *Mechanika 2015 Proceedings Of The 20th International Scientific Conference, Kaunas - 2015*, r.101-104
12. Simulation and Research of the Nozzle with an Ultrasonic Resonator for Spraying Polymeric Materials / S. Horiashchenko, I. Golinka, A. Bubulis, V. Jurenas // *Mechanika*. – 2018. – Vol. 24, No 1. – P. 61-64.
13. Musiał, J.; Horiashchenko, S.; Polasik, R.; Musiał, J.; Kałaczyński, T.; Matuszewski, M.; Śrutek, M. Abrasion Wear Resistance of Polymer Constructional Materials for Rapid Prototyping and Tool-Making Industry. *Polymers* 2020, 12, 873.

Надійшла/Paper received : 14.09.2022 р. Надрукована/Printed : 01.11.2022 р.