

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ТЕХНОЛОГІЇ
ТА
ІНЖИНІРИНГ**

№ 6, 2021

DOI:10.30857/2786-5371.2021.6

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

Київ 2021

Засновником видання «Технології та інжиніринг» є

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Науковий фаховий журнал є правонаступником видання «Вісник Київського національного університету технологій та дизайну», який у свою чергу був правонаступником видання «Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности», який видавався з березня 1958 року у Київському технологічному інституті легкої промисловості (СРСР).

№ 6, 2021

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія КВ №24822–14762 ПР від 19.04.2021р.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 993 від 24.07.2002 р.

Журнал входить до переліку наукових фахових видань України.

Наказ МОН України від 29.06.2021 №735 (додаток 3). Категорія Б. Технічні науки. Спеціальності: 122, 131, 133, 151, 161, 132, 182, 141, 144, 171 (2018, 2020).

ISSN 2786-5371 print

ISSN 2786-538X online

Журнал зареєстровано в Міжнародному центрі періодичних видань (ISSN International Centre, Париж, Франція)

Журнал реферується та індексується у наступних міжнародних базах даних: Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost, WorldCat, Index Copernicus, Research Bible, SJIF, PBN, JIF, OAJI, InfoBase Index, ISI, UIF, CiteFactor, Google Scholar, Crossref

Засновник і видавець:

Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, 01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченка, 2

Головний редактор:

Панасюк І.В., д.т.н., професор

Заступник

головного редактора:

Злотенко Б. М., д.т.н., професор

**Відповідальний
секретар:**

Кривонос О. О.

Тематична спрямованість журналу «Технології та інжиніринг»: Мехатронні системи. Ресурсозбереження та енергоефективність. Матеріалознавство індустрії моди, технологій виробництва текстилю, одягу та взуття. Хімічні та біофармацевтичні технології

Видання орієнтоване на науковців, викладачів, аспірантів, студентів, а також науково-практичних працівників і фахівців відповідних галузей промисловості.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченка, 2, корп. 1, к. 1-331а

тел./факс: +38 (044) 256-84-27

e-mail: vistnuk@knu.edu.ua; <http://vistnyk.knu.edu.ua/>

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну, протокол № 5 від 15.12.2021 р.

Матеріали друкуються мовою оригіналу. Відповідальність за переклад, достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв, назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей. Передруки та переклади статей дозволяються лише за згодою автора (-ів) та редакції.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

**TECHNOLOGIES
AND
ENGINEERING**

Issue 6, 2021

DOI:10.30857/2786-5371.2021.6

Scientific Specialized Edition

Issued: 6 times a year

Founded: December, 1999

Kyiv 2021

The owner of «Technologies and Engineering» is

KYIV NATIONAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

This Scientific Specialized Journal is the successor of the edition "Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design", which in turn was the legal successor of the edition «Proceedings of Higher educational establishments. Technology of the light industry», which was published by Kiev Technological Institute of Light Industry from March, 1958 (USSR).

№ 6, 2021

The state registration of print media is KB № 24822-14762 ПП, originating date 19.04.2021

License for publishing activity is ДК №993, originating date 24.07.2002

The journal is listed & reregistered in Higher Attestation Commission of Ukraine: №735 dated 29.06.2021 “Technologies and Engineering” in the list of professional publications: cat. B, technical specialties – 122, 131, 133, 151, 161, 132, 182, 141, 144, 171 (from 2018, 2020).

ISSN 2786-5371 print
ISSN 2786-538X online

The journal is registered in ISSN International Centre, Paris.

The journal is abstracted and indexed by Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost, WorldCat, Index Copernicus, Research Bible, SJIF, PBN, JIF, OAJI, InfoBase Index, ISI, UIF, CiteFactor, Google Scholar, Crossref

Owner and Publisher:

Kyiv National University of Technologies and Design
Ukraine, 01011, Kyiv, 2, Nemyrovych-Danchenka, Str.

Editor-in- Chief:

Igor V. Panasiuk - Dr., professor

Deputy Editor:

Borys M. Zlotenko - Dr., professor

Executive secretary:

Olena O. Kryvonos

Scientific fields: Mechatronic systems. Energy Efficiency and Resource-saving Technologies. Material science in the textile, clothing and footwear manufacturing industries. Chemical and biopharmaceutical technologies

The journal is aimed at a wide range of researchers, professors, students, and graduate students and to bring the results of scientific research carried out under a variety of intellectual traditions and organizations of procedures to the attention of a specialized readership.

EDITORIAL OFFICE:

01011, Ukraine, Kyiv, 2, Nemyrovych-Danchenka, Str., office 1-331a

Tel./fax: +38 (044) 256-84-27

e-mail: vistnuk@knuvd.edu.ua; <http://vistnyk.knuvd.edu.ua/>

Recommendations from Science Council of Kyiv National University of Technologies and Design, Protocol № 5, originating date 15.12.2021.

Articles are published in the original language. The authors are responsible for the translation, authenticity of facts, quotations, proper names, geographic names, names of enterprises and other information.

The Editorial Office's and author's consent is needed prior to republishing or translating the articles.

**ВІДОМОСТІ ПРО ЧЛЕНІВ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ
наукового фахового журналу
«ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖИНІРИНГ»
"TECHNOLOGIES AND ENGINEERING"**

Панасюк Ігор Васильович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *головний редактор*.

Злотенко Борис Миколайович – доктор технічних наук, професор Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *заступник головного редактора*.

**СЕКЦІЯ: МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ**

Шведчикова Ірина Олексіївна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *відповідальний редактор секції*.

Осипенко Володимир Васильович – доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *заступник відповідального редактора секції*.

Білоус Інна Юріївна – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Вельченко Ганна Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент, Білоруський національний технічний університет (Мінськ), Білорусь.

Денисюк Сергій Петрович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.

Жуйков Валерій Якович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.

Мілих Володимир Іванович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.

Стаценко Володимир Володимирович – доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Суходуб Ірина Олегівна – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Хоменко Володимир Григорович – доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Чорний Олексій Петрович – доктор технічних наук, професор, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна.

Шавьолькін Олександр Олексійович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Atef Saleh Almashakbeh, Doctor of Engineering, Tafila Technical University, Aţ Tafilah, Jordan.

Jasim Mohmed, Docent, PhD, Al-Furat Al-Awsat Technical University – Al-Musssaib Technical college, Kufa, Iraq.

Skibniewski Miroslaw – Prof., Ph.D., Dr.h.c., Honor. Prof., Department of Civil & Environmental Engineering A. James Clark School of Engineering University of Maryland, College Park, USA

**СЕКЦІЯ: МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ІНДУСТРІЇ МОДИ, ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОБНИЦТВА ТЕКСТИЛЮ, ОДЯГУ ТА ВЗУТТЯ**

Березненко Сергій Миколайович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *відповідальний редактор секції*.

Галавська Людмила Євгеніївна – доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *заступник відповідального редактора секції*.

Арабулі Світлана Іванівна – кандидат технічних наук, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Гараніна Ольга Олександрівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Касьян Едуард Євгенович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Кизимчук Олена Павлівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Очеретна Лариса – PhD, доцент, Люберецький технічний університет, Чеська республіка.

Славінська Алла Людвигівна – доктор технічних наук, професор, Хмельницький національний університет, Україна.

Хімичева Анна Іванівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

СЕКЦІЯ: ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Барсуков В'ячеслав Зіновійович – доктор хімічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *відповідальний редактор секції*.

Плаван Вікторія Петрівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *заступник відповідального редактора секції*.

Андрєєва Ольга Адіславівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Баула Ольга Петрівна – кандидат хімічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Бессарабов Володимир Іванович, доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Будаш Юрій Олександрович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Картель Микола Тимофійович – доктор хімічних наук, професор, академік НАН України.

Кузьмінський Євген Васильович – доктор хімічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.

Левицький Володимир Євстахович – доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», Україна.

Савченко Богдан Михайлович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Скорохода Володимир Йосипович – доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», Україна.

Страшний Владислав Володимирович – доктор фармацевтичних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.

Jaskuła Marian – professor, Faculty of Chemistry, Jagiellonian University, Cracow, Poland.

Valeika Virgilijus – professor, PhD, Department of Physical and Inorganic Chemistry, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania.

ЗМІСТ

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

1. ПАНАСЮК О. І., ПЛЕСКАЧ В. Л.,
СТАЦЕНКО В. В., ХОМАЗЮК В. А.
РОЗРОБКА МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ 9
ДЛЯ МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ ПЕРВИННОЇ ЛАНКИ

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ІНДУСТРІЇ МОДИ, ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТЕКСТИЛЮ, ОДЯГУ ТА ВЗУТТЯ

2. ЛЕЩИШИН М.М., ЮНГІН О. С.
ВИЗНАЧЕННЯ ГІГІЄНИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ 19
ВКЛАДНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ 3
ВСТАВКАМИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ У ВЗУТТЯ

ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

3. ВАХІТОВА Л. М., КАЛАФАТ К. В.,
ТАРАН Н. А., БЕССАРАБОВ В. І.
ПОРІВНЯННЯ ПОЛІОЛІВ ЯК КАРБОНІЗУЮЧИХ 27
АГЕНТІВ ВОГНЕЗАХИСНИХ КОМПОЗИЦІЙ
ІНТУМЕСЦЕНТНОГО ТИПУ
4. НОВАК Д. С., МАРИНЯКА К. А.
РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ 37
ОЦІНЮВАННЯ ОДНОРІДНОСТІ РОЗПОДІЛУ
НАПОВНЮВАЧА В ПОЛІМЕРНІЙ МАТРИЦІ

TABLE OF CONTENTS

MECHATRONIC SYSTEMS. RESOURCE SAVING & ENERGY EFFICIENCY

1. **PANASIUK O. I., PLESKACH V. L.,
STATSENKO V. V., KHOMAZIUK V. A.** 9
DEVELOPMENT OF MEDICAL INFORMATION SYSTEM
FOR PRIMARY MEDICAL INSTITUTIONS

MATERIAL SCIENCE IN THE TEXTILE, CLOTHING AND FOOTWEAR MANUFACTURING INDUSTRIES

2. **LESHCHYSHYN M. M., IUNGIN O. S.** 19
DEVELOPMENT OF HYGIENIC PROPERTIES EMBEDDED
INDIVIDUAL MEANS WITH PLANT INSERTS IN
FOOTWEAR

CHEMICAL AND BIOPHARMACEUTICAL TECHNOLOGIES

3. **VAKHITOVA L. M., KALAFAT K. V.,
TARAN N. A., BESSARABOV V. I.** 27
COMPARATION OF POLYOLS AS CARBONIZING
AGENTS OF FLAME RETARDANT INTUMESCENT TYPE
COMPOSITIONS
4. **NOVAK D. S., MARYNIAKA K. A.** 37
DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR EVALUATION OF
UNIFORMITY OF FILLER DISTRIBUTION IN A POLYMER
MATRIX

УДК 004.94;
681.3

¹ПАНАСЮК О. І., ¹ПЛЕСКАЧ В. Л.,
²СТАЦЕНКО В. В., ³ХОМАЗЮК В. А.

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

²Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

³Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

РОЗРОБКА МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ ПЕРВИННОЇ ЛАНКИ

Мета. Розробка веб-застосунку з функціональним модулем проведення лікарських прийомів за стандартом ICPC2 для медичних закладів первинної ланки.

Методика. Для реалізації серверного застосунку з RESTful архітектурою було обрано мову C# 8.0 і фреймворк ASP.Net Core 5.0. У якості бази даних обрано СУБД MySQL. Для розробки клієнтської частини використовувались HTML5 SASS, JavaScript, React та Redux.

Результати. Досліджені теоретичні основи і бізнес-процеси медичних інформаційних систем. Досліджені основні принципи побудови сучасної інформаційної системи. Спроектовано та реалізовано медичну інформаційну систему з високим показником надійності та швидкодії. Розроблений веб-застосунок з клієнт-серверною архітектурою

Наукова новизна. Виявлено особливості сучасних прикладних медичних інформаційних систем. Розглянуто можливості медичних інформаційних, як основного засобу зберігання медичних даних. Відпрацьовано процес ведення медичного прийому за стандартом ICPC2 для закладів первинної ланки. Досліджено теоретичні основи побудови програмної інформаційної системи для поліклініки та амбулаторії.

Практична значимість. Спроектовано та реалізовано медичну інформаційну систему з високим показником надійності та швидкодії, інтерфейсом зрозумілим для всіх вікових категорій користувачів. Розроблений веб-застосунок з клієнт-серверною архітектурою.

Ключові слова: веб-застосунок; клієнт-серверна архітектура; медична інформаційна система; система охорони здоров'я.

Вступ. Розвиток сучасного суспільства відбувається під впливом глобалізації інформаційних процесів. Провідним проявом цих процесів є формування нового інформаційного простору, пов'язаного з появою мережі Інтернет. Формується нова культура в якій ключовими словами є інформація, інформатизація, Інтернет і віртуалізація. Поява нового інформаційного простору посприяла інтеграції інформаційних технологій у більшість соціальних, економічних і бізнес процесів. Загалом одним з основних проявів такої інтеграції є виникнення прикладних інформаційних систем, які покликані спростити життєдіяльність людей. В сучасній державі прикладні інформаційні системи створені майже для всіх сфер суспільного життя.

Охорона здоров'я є однією з найважливіших галузей діяльності держави. В сучасному інформаційному просторі охорона здоров'я є однією з найпоширеніших сфер впровадження провідних інформаційних технологій. В епоху розвинених інформаційних технологій державі необхідно забезпечити лікарів зручним і швидким засобом створення, зберігання і передачі медичної інформації. Для цього було створено медичні інформаційні системи.

Прикладні інформаційні системи з'явилися зразу після виникнення персональних комп'ютерів, з того часу роль прикладних інформаційних систем в житті людей постійно збільшується. Медичні інформаційні систем існують вже давно, вони є невід'ємною частиною взаємодії між сучасним пацієнтом і лікарем. Також медичні інформаційні системи забезпечують зручні способи зберігання і обробки медичної інформації та створення звітів [1, 2].

В 2018 році в Україні розпочалась реформа системи охорони здоров'я, одним з основних законів реформи, був закон про обов'язкове подання електронних медичних даних до державної бази даних. На основі цих даних «Національна служба здоров'я України» регулює фінансування медичних закладів. Таким чином якщо раніше медичні інформаційні системи забезпечували лише прискорення і комфорт роботи, то тепер вони є обов'язковою частиною процесу отримання державного фінансування.

Аналіз попередніх досліджень. В 2018 році в Україні почав діяти законопроект про реформу системи охорони здоров'я в Україні. В рамках впровадження реформи було створено «Національну службу здоров'я України» (НСЗУ). Згідно з Законом, серед її основних функцій є забезпечення функціонування eHealth – системи охорони здоров'я [3].

Електронна інформаційно-телекомунікаційна система охорони здоров'я eHealth – забезпечує автоматизацію ведення обліку медичних послуг та управління медичною інформацією в електронному вигляді. У структуру eHealth входять центральна база даних та електронні медичні інформаційні системи, із автоматичним обміном даними через відкритий програмний інтерфейс (API). Після створення державного центрального компоненту eHealth з'явилося багато медичних інформаційних систем. На даний момент більше 20.

З найбільш популярних і досконалих слід зазначити: Helsi, Doctor Eleks, Emcimed, ПБЧ, MedStar, Medics

Система **Helsi** – медична інформаційна система, що є однією з найбільших в Україні та покриває велику долю ринку. В переліку партнерів компанії Helsi знаходяться лікарі, пацієнти, медичні заклади з усієї України, фармацевтичні компанії та страхові компанії [4].

За офіційними даними Національної служби здоров'я України через систему Helsi укладено 15,6 мільйона декларацій між лікарями та пацієнтами, що становить приблизно 44% всього обсягу укладених декларацій.

Система **Helsi** розроблена у форматі веб-застосунку. Веб застосунок складається з трьох частин: helsi.me; helsi.pro; reform.helsi.me. [Helsi.me](http://helsi.me) – це частина системи призначена для пацієнтів, helsi.pro – це частина системи призначена для лікарів і персоналу медичного заклад (доступне ведення прийому в форматі eHealth, з кодуванням діагнозів через систему ICPC2 або МКХ-11), reform.helsi.me – це частина системи призначена для адміністрації мед закладу.

Основними недоліками системи Helsi є:

- низька швидкість роботи підсистеми helsi.pro;
- не зрозумілий інтерфейс для лікарів які не мали досвіду роботи з медичними інформаційними системами;
- занадто громіздка для малих установ і ФОПів;
- інтерфейс у трьох підсистемах різний, тому перехід з reform.helsi.me на helsi.pro викликає у лікарів труднощі.

Doctor Eleks – це друга по розповсюдженості медична інформаційна система. Вона з'явилась ще у 2006 році і є однією з перших великих медичних інформаційних систем на території України [5]. Основними недоліками системи Doctor Eleks є:

- основний модуль системи для автоматизація робочого місця лікаря розповсюджується у форматі десктопного застосунку під операційну систему Windows, що робить неможливим його використання на інших платформах;
- десктопний застосунок має застарілий дизайн, незвичний і не зрозумілий для пересічного користувача;
- вартість впровадження системи є досить високою 400 доларів США на одне робоче місце на два роки без урахування витрат на устаткування, сервери та технічну підтримку.

Всі перераховані вище медичні інформаційні системи реалізовано у форматі веб-застосунку. З проведеного аналізу наявних медичних інформаційних систем, їх переваг та недоліків, а також враховуючи існуючі вимоги НСЗУ можна зробити наступні висновки:

- не мають модульної архітектури і тому не можуть бути налаштовані під вимоги конкретного закладу;
- через громіздкість не можуть швидко реагувати на нові вимоги НСЗУ і eHealth.

Постановка завдання. Основною задачею роботи є розробка веб-застосунку, що матиме функціональний модуль для проведення лікарських прийомів за стандартом ІСРС2 для медичних закладів первинної ланки з високим показником надійності, швидкодії та інтерфейсом зрозумілим для всіх вікових категорій користувачів.

Результати дослідження. Проаналізувавши вимоги до медичної інформаційної системи, а також наявне у лікарів і пацієнтів ТЗ можна стверджувати що найбільш зручною платформою буде веб-застосунок. Архітектурою веб-застосунку обрано клієнт-серверну архітектуру (рис. 1).

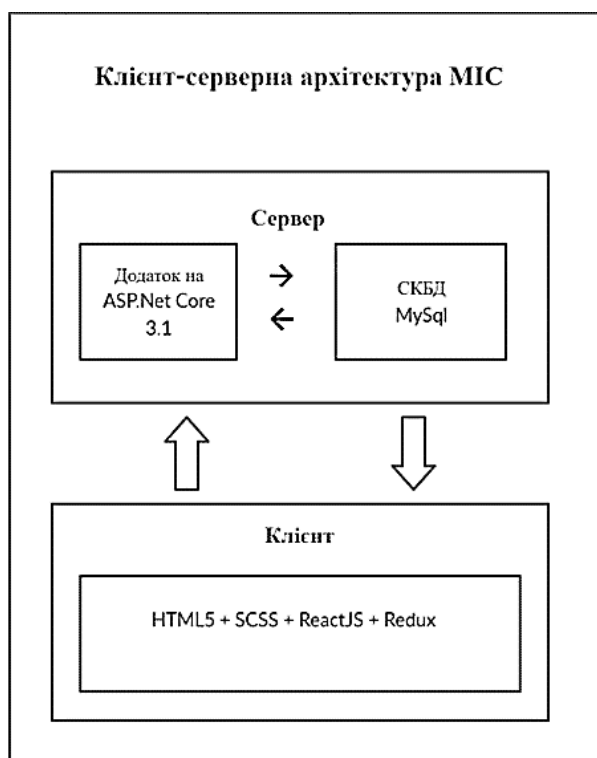


Рис. 1. Схема роботи клієнт-серверної архітектури у медичній інформаційній системі

Для створення клієнтської частини було обрано архітектуру односторінковий додаток (single-page application, SPA). Це веб-додаток або веб-сайт, який взаємодіє з веб-браузером, динамічно переписуючи поточну веб-сторінку новими даними з веб-сервера, замість стандартного способу, тобто завантаження цілих нових сторінок. Мета – швидші переходи, які дозволяють веб-сайту відчувати себе як рідний додаток. У SPA всі необхідні HTML, JavaScript та CSS-код отримують браузер із завантаженням однієї сторінки, або відповідні ресурси динамічно завантажуються та додаються на сторінку за необхідності, як правило, у відповідь на дії користувача. Сторінка не завантажується в будь-який момент процесу, а також не передає керування на іншу сторінку, хоча хеш місцеположення або API історії HTML5 можна використовувати для забезпечення сприйняття та навігації окремих логічних сторінок у програмі. SPA повністю завантажується при початковому завантаженні сторінки, а потім

частини сторінок замінюються або оновлюються новими фрагментами сторінок, завантаженими з сервера на вимогу. Щоб уникнути зайвого завантаження невикористаних функцій, SPA часто поступово завантажуватиме більше функцій, коли вони стануть необхідними, або невеликі фрагменти сторінки, або повно-екранні модулі [6].

Для реалізації серверного застосування з RESTful архітектурою було обрано мову C# 8.0 і фреймворк ASP.Net Core 5.0. У якості бази даних обрано СУБД MySQL. ASP.NET Core - вільно розповсюджений крос-платформенний фреймворк для створення веб-додатків з відкритим вихідним кодом. Дана платформа розроблена компанією Майкрософт і має більшу швидкодію порівняно з ASP.NET. Має модульну структуру та сумісний з такими операційними системами як Windows, Linux та macOS. Не зважаючи на те, що це новий фреймворк, побудований на новому веб-стеці, він має високу сумісність з концепціями з ASP.NET. Додатки ASP.NET Core підтримують паралельне управління версіями, в яких є різні програми, які працюють на одночасних комп'ютерах, і можуть орієнтуватися на різні версії ASP.NET Core. Це було неможливо в попередній версії ASP.NET [7, 8].

У якості СУБД було обрано MySQL, його було порівняно з MongoDB. MySQL – вільна система управління базами даних, яка є власністю компанії Sun Microsystems. СУБД розповсюджується по ліцензії GNU General Public License та під власною комерційною ліцензією. MySQL підтримує багато типів таблиць, вона є мультиплатформенною СУБД. Завдяки широким можливостям, а також великій швидкодії MySQL часто використовується в якості СУБД, що забезпечує роботу динамічного Web-сайту в мережі Інтернет [9–11].

Порівняння реляційних і не реляційних баз даних [9–11].

Мова. Реляційні бази даних використовують структуровану мову запитів (Structured Query Language, SQL) для визначення і обробки даних. З одного боку, це відкриває великі можливості для розробки: SQL один з найбільш гнучких і поширених мов запитів, так що його вибір дозволяє мінімізувати ряд ризиків, і буде особливо до речі, якщо має бути робота з комплексними запитом. З іншого боку, в SQL є ряд обмежень. Побудова запитів на цій мові зобов'язує визначати структуру даних і, як у випадку з Містом А, подальша зміна структури даних може бути згубним для всієї системи. Нереляційні бази даних, в свою чергу, пропонують динамічну структуру даних, які можуть зберігатися кількома способами: орієнтовано по колонках, документ-орієнтовано, в вигляді графів або на основі пар «ключ-значення». Така гнучкість означає наступне:

- можна створювати документи, не ставлячи їх структуру заздалегідь;
- кожен документ може мати власну структуру;
- у кожній базі даних може бути власний синтаксис;
- можна додавати поля прямо під час роботи з даними.

Масштабованість. У більшості випадків SQL бази даних вертикально масштабовані, тобто ви можете збільшувати навантаження на окремо взятий сервер, нарощуючи потужність центральних процесорів, обсяги ОЗУ або системи зберігання даних. А NoSQL бази даних горизонтально масштабовані. Це означає, що ви можете збільшувати трафік, розподіляючи його або додаючи більше серверів до вашої СУБД. Все одно, що додавати більше поверхів до вашого будинку, або додавати більше будівель на вулицю. У другому випадку, система може стати куди більшою і потужнішою, роблячи вибір NoSQL бази даних віддається перевага для великих або постійно мінливих структур даних.

Структура. У реляційних СУБД дані представлені у вигляді таблиць, в той час як в нереляційних – у вигляді документів, пар «ключ-значення», графів або wide-column сховищ.

Відомо, що не реляційні бази даних, на прикладі MongoDB, значно повільніші при оновленні даних з індексом навіть на невеликих кількостях та читанні даних.

Отже, виходячи з результатів наведених вище порівнянь було обрано СУБД MySQL через швидкодію, велику розповсюдженість, широку підтримку і високу сумісність з об'єктно-орієнтованими мовами програмування.

Для вирішення завдань проєктованої системи було проаналізовано декілька якісних наявних додатків з операціями та можливостями ведення сімейного бюджету та виділено функціонал, який найкраще підходить для проєктованої системи, не ускладнює роботу користувачу та не зменшує продуктивність всього веб-сайту (табл. 1).

Таблиця 1

Функціонал веб-додатку

Назва функціоналу	Опис функціоналу
Авторизація користувача	Для можливості ідентифікації користувачів та збереженням їх даних на сервері кожен користувач повинен пройти авторизації та підтвердити свої реєстраційні дані.
Реєстрація	Функція яка дозволяє створювати облікові записи для кожного користувача з розділенням по ролям.
Створення медичного закладу	Функція створення медичного закладу дозволяє керівнику зареєструвати свій заклад.
Додавання лікарів до медичного закладу	Функція додавання лікарів до медичного закладу дозволяє керівнику зареєструвати свій заклад.
Редагування медичного закладу	Функція редагування гаманця дозволяє проводити зміни в назві адресі та інших властивостях медичного закладу.
Пошук лікарів	Функція пошуку лікарів дозволяє пацієнтам знаходити лікарів за прізвищем, а також фільтрувати результати.
Назва функціоналу	Опис функціоналу
Запис на прийом до лікаря	Пацієнт може записатись на прийом до лікаря
Скасування прийому	Пацієнт або лікар можуть скасувати запис на прийом
Ведення прийому	Лікар може провести прийом з пацієнтом який був записаний до нього. В рамках ведення прийому лікар може додавати причини, діагнози, послуги з кодуванням ІСРС2

Схема бази даних (рис. 2):

- Користувачі – таблиця для зберігання облікових записів користувачів, загальних даних про них (ПІБ, стать, дата народження, телефон).
- Організації – таблиця для зберігання інформації про організації, їх адресу і код ЄДРПОУ.
- Прийоми – таблиця для зберігання інформації про прийоми зі зв'язком з таблицею користувачів.
- Довідник ІСРС2 – таблиця для зберігання довідника ІСРС2 кодів.

Вся інформація складається з набору однотипних записів розташованих один за одним. Дані в цих таблицях можливо додавати, видаляти або змінювати. Також в кожній таблиці є набір іменованих полів, які зберігають корисну інформацію починаючи від імені користувача та закінчуючи довідником ІСРС2 кодів.

В серверній частині веб-застосунку для реалізації механізму генерації і отримання доступних часових проміжків для запису на прийом до лікаря було застосовано один з популярних патернів проєктування – фасад [12]. За допомогою патерну фасад можна істотно спростити доступ до системи класів або методів. Це допомагає розділити шари логіки застосунку. У випадку підсистеми генерації проміжків часу для запису фасад дозволяє

приховати всю реалізацію від шару взаємодії (API) тим самим розділяючи рівні API і бізнес-логіки, що в подальшому спростить підтримку, розширення і рефакторинг системи (рис. 3).

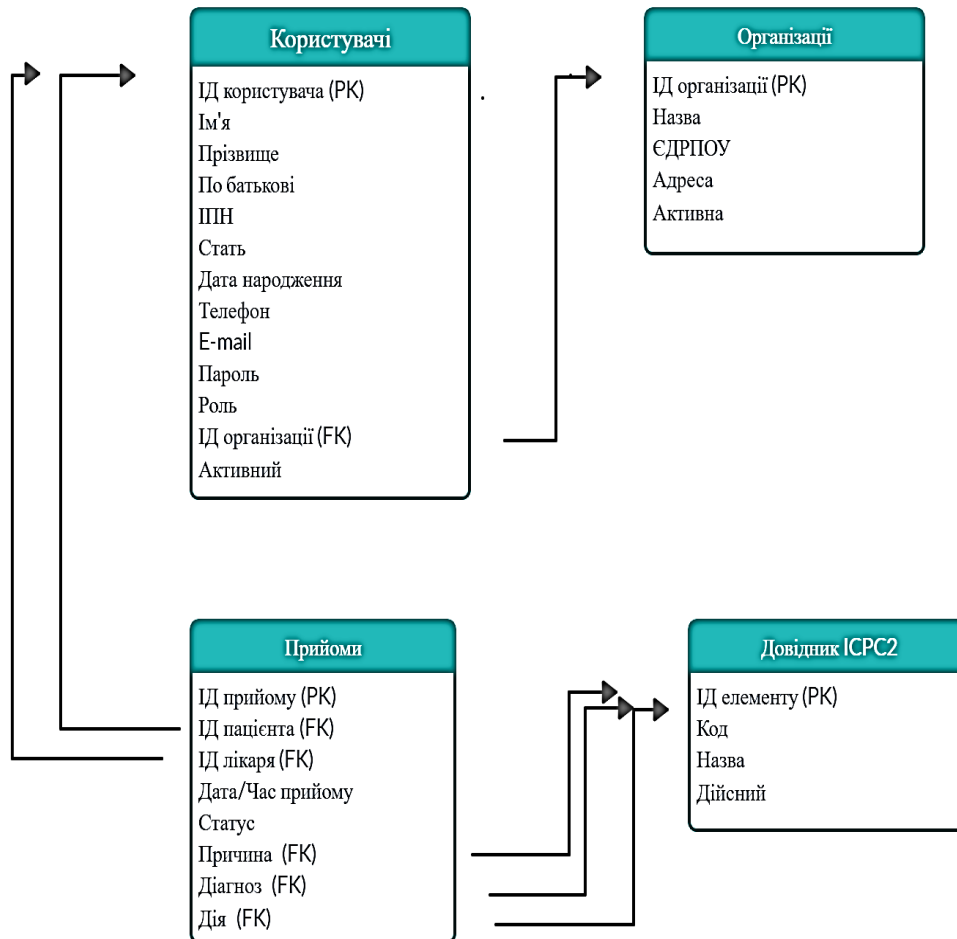


Рис. 2. Схема бази даних

```
namespace HealthyCountry.Services
{
    [3 usages] [1 inheritor] [Oleksandr Panasiuk] [1 exposing API]
    public interface IAppointmentFacade
    {
        [17 usages] [1 implementation] [Oleksandr Panasiuk]
        Task<List<Appointment>> GetAppointmentsAsync(string doctorId, DateTime dateFrom);
    }
}
```

Рис. 3. Інтерфейс фасаду отримання проміжків часу для запису

Рівень API отримує доступ до підсистеми генерації і отримання доступних часових проміжків для запису на прийом до лікаря через метод `GetAppointmentsAsync` інтерфейсу `IAppointmentFacade` (рис. 4).

Клас AppointmentService реалізує інтерфейс фасаду, надаючи рівню API лише одну просту точку входу до підсистеми бізнес-логіки.

```
public class AppointmentService : IAppointmentFacade
{
    private readonly ApplicationDbContext _dbContext;

    [1 usage] Oleksandr Panasiuk
    public AppointmentService(ApplicationDbContext dbContext)
    {
        _dbContext = dbContext;
    }

    [0+17 usages] Oleksandr Panasiuk
    public Task<List<Appointment>> GetAppointmentsAsync(string doctorId, DateTime dateFrom)
    {
        var numberOfSlotsToCreate:int = GetNumberOfSlotsToCreate(doctorId, dateFrom);
        if (numberOfSlotsToCreate != 0)
        {
            CreateAppointmentsSlots(doctorId, dateFrom, numberOfSlotsToCreate);
        }

        CreateSlotsForCancelledAppointments(doctorId, dateFrom);
        return _dbContext.Appointments.AsNoTracking()
            .Where(x:Appointment => x.EmployeeId == doctorId && x.DateTime.Date >= dateFrom.Date && x.Status!=AppointmentStatuses.CANCELED)
            .OrderBy(x:Appointment => x.DateTime).ToListAsync(); //Task<List<...>>
    }
}
```

Рис. 4. Клас і метод що реалізують інтерфейс фасаду

У клієнтській частині веб-застосунку для спрощення роботи з формами вводу було розроблено універсальний компонент вводу. Основним функціоналом компоненту є створення відповідного HTML елемента форми в залежності від вхідних параметрів.

За допомогою властивостей які передаються через rgorps компонент можна конфігурувати як будь-яке з HTML полів для вводу, а також були додані окремі опції для асинхронного селекту, тобто випадального списку де опції завантажуються динамічно з серверу коли користувач вводить символи.

Для веб-застосунку розробленого для пацієнтів та лікарів було обрано мінімалістичний дизайн для зручності користування. Для користування системою користувачу необхідно увійти у свій обліковий запис. Система дозволяє директору зареєструвати свій мед. заклад і додати співробітників. Для пацієнтів створено окремий зручний інтерфейс реєстрації.

Для виконання тестування веб-сайту було використано браузер Google Chrome з інструментами розробника а саме, "Network" та "Lighthouse".

За результатами тестування в інструменті "Lighthouse" було отримано наступні значення: Perfomance (продуктивність) – 93/100; Accessibility (доступність) – 97/100; Best Practices (використання найкращих рішень) – 93/100; SEO (оптимізація під пошукові системи) – 100/100.

Ці дані говорять, що веб-сайт відповідає всім нормам та правилам створення веб додатків та буде частіше пропонуватись в пошукових системах.

Висновки. В результаті було розроблено медичну інформаційну систему. В процесі виконання роботи було досліджено теоретичні основи і бізнес-процеси медичних інформаційних систем. Досліджені всі основні принципи, необхідні для побудови сучасної інформаційної системи, порівнянні два види баз даних і обрано оптимальний для виконання поставленого завдання. Переглянуті існуючі рішення в даній сфері і сформульовано технічні вимоги. Спроектовано та реалізовано медичну інформаційну систему з високим показником надійності, інтерфейсом зрозумілим для всіх вікових категорій користувачів. Також при

розробці системи було зроблено упор на швидкодію. Розроблений веб-застосунок з клієнт-серверною архітектурою.

References

Література

1. Medychni informatsiini systemy – vprovadzhuemo u vashomu medychnomu zakladi [Medical information systems – we implement in your medical institution]. URL: <https://www.medsprava.com.ua/article/544-qqq-17-m4-10-04-2017--medichn-nformatsyn-sistemi-vprovadjumo-u-vashomu-medichnomu-zaklad>.
2. Zahorodnii, H. M., Zynov'iev, Ye. S., Martynov, V. M., Shadura, V. M. (2005). GRID – nova obchysliuvalna tekhnolohiia dlia nauky [GRID – a new computing technology for science]. *Visnyk NAN Ukrainy = Bulletin of the NAS of Ukraine*, № 6, P. 17–19 [in Ukrainian].
3. eHealth: website. URL: <https://ehealth.gov.ua/>.
4. Helsi.me. Helsi: website. URL: <https://helsi.me/>.
5. Doctor Eleks: website. URL: <https://ehealth.eleks.com/>.
6. Albahari, J., Albahari, B. (2008). LINQ Pocket Reference: Learn and Implement LINQ for .NET Applications: O'Reilly Media. 174 p.
7. React 2020. React: website. URL: <https://uk.reactjs.org/>.
8. MongoDB 2020. MongoDB: website. URL: <https://www.mongodb.com>.
9. SQL protyv NoSQL na prymere MySQL y MongoDB [SQL versus NoSQL using MySQL and MongoDB as an example]. TProger: website. URL: <https://tproger.ru/translations/sql-vs-nosql>.
10. Chambers, J., Paquette, D., Timms, S. (2017). ASP.NET Core Application Development: Bulding an Application in Four Sprints (Developer Reference): Microsoft Press. P. 25–277.
11. Mark, J. (2019). Price C# 8.0 and .NET Core 3.0 – Modern Cross-Platform Development: Packt Publishing. 818 p.
12. Paterny proektuvannia – fasad [Design patterns – facade]. RefactoringGuru: website. URL: <https://refactoring.guru/uk/design-patterns/facade> [in Ukrainian].
1. Медичні інформаційні системи – впроваджуємо у вашому медичному закладі. URL: <https://www.medsprava.com.ua/article/544-qqq-17-m4-10-04-2017--medichn-nformatsyn-sistemi-vprovadjumo-u-vashomu-medichnomu-zaklad>.
2. Загородній Г. М., Зинов'єв Є. С., Мартинов В. М., Шадура В. М. ГРІД – нова обчислювальна технологія для науки. *Вісник НАН України*. 2005. № 6. С. 17–19.
3. eHealth: веб-сайт. URL: <https://ehealth.gov.ua/>.
4. Helsi.me. Helsi: веб-сайт. URL: <https://helsi.me/>.
5. Doctor Eleks: веб-сайт. URL: <https://ehealth.eleks.com/>.
6. Albahari J., Albahari B. LINQ Pocket Reference: Learn and Implement LINQ for .NET Applications: O'Reilly Media, 2008. 174 p.
7. React 2020. React: веб-сайт. URL: <https://uk.reactjs.org/>.
8. MongoDB 2020. MongoDB: веб-сайт. URL: <https://www.mongodb.com>.
9. SQL против NoSQL на примере MySQL и MongoDB. TProger: веб-сайт. URL: <https://tproger.ru/translations/sql-vs-nosql>.
10. Chambers J., Paquette D., Timms S. ASP.NET Core Application Development: Bulding an Application in Four Sprints (Developer Reference): Microsoft Press, 2017. P. 25–277.
11. Mark J. Price C# 8.0 and .NET Core 3.0 – Modern Cross-Platform Development: Packt Publishing, 2019. 818 p.
12. Патерни проектування – фасад. RefactoringGuru: веб-сайт. URL: <https://refactoring.guru/uk/design-patterns/facade>.

PANASIUK OLEKSANDR

Department of Applied Information Systems
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
Scopus Author ID: 57289566900
E-mail: vohigi@gmail.com

PLESKACH VALENTYNA

Doctor of Economic Sciences, Professor
Department of Applied Information Systems
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
Scopus Author ID: 12039392900
E-mail: v.pleskach@ukr.net

STATSENKO VOLODYMYR

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Department of Computer Engineering
and Electromechanics
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3932-792X>
Scopus Author ID: 57210344190
Researcher ID: C-3646-2017
E-mail: statsenko.v@knuud.edu.ua

KHOMAZIUK VICTORIA

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
Department of Propaedeutics of Internal Medicine N2
Bogomolets National Medical University, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3466-2574>
Scopus Author ID: 6506224779
Researcher ID:
E-mail: khomaziuk.victoria@nmu.ua

¹ПАНАСЮК А. И., ¹ПЛЕСКАЧ В. Л., ²СТАЦЕНКО В. В., ³ХОМАЗІУК В. А.

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

²Київський національний університет технологій і дизайну, Україна

³Національний медичний університет імені А.А. Богомольця, Київ, Україна

**РАЗРАБОТКА МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ЗАВЕДЕНИЙ ПЕРВИЧНОГО ЗВЕНА**

Цель. Разработка веб-приложения с функциональным модулем проведения врачебных приемов по стандарту ICPC2 для медицинских учреждений первичного звена.

Методика. Для реализации серверного приложения с RESTful архитектурой был выбран язык C#8.0 и фреймворк ASP.Net Core 5.0. В качестве базы данных выбрана СУБД MySQL. Для разработки клиентской части использовались HTML5 SASS, JavaScript, React и Redux.

Результаты. Исследованы теоретические основы и процессы медицинских информационных систем. Исследованы главные принципы построения современной информационной системы. Спроектирована и реализована медицинская информационная система с высоким показателем надежности и быстродействия. Разработано веб-приложение с клиент-серверной архитектурой

Научная новизна. Выявлены особенности современных прикладных медицинских информационных систем. Рассмотрены возможности медицинских информационных как основного средства хранения медицинских данных. Отработан процесс ведения медицинского приема по стандарту ICPC2 для учреждений первичного звена. Исследованы теоретические основы построения программной информационной системы для поликлиники и амбулатории.

Практическая значимость. Спроектирована и реализована медицинская информационная система с высоким показателем надежности и быстродействия, интерфейсом понятным для всех возрастных категорий пользователей. Разработано веб-приложение с клиент-серверной архитектурой.

Ключевые слова: веб-приложение; клиент-серверная архитектура; медицинская информационная система; система здравоохранения.

¹PANASIUK O. I., ¹PLESKACH V. L., ²STATSENKO V. V., ³KHOMAZIUK V. A.

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

²Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

³Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

DEVELOPMENT OF MEDICAL INFORMATION SYSTEM FOR PRIMARY MEDICAL INSTITUTIONS

Purpose. Development of a web application with a functional module for conducting prescriptions according to the ICPC2 standard for primary care facilities.

Methodology. The C # 8.0 language and the ASP.Net Core 5.0 framework were chosen to implement a server application with the RESTful architecture. The MySql database is selected as the database. HTML5 SASS, JavaScript, React and Redux were used to develop the client part.

Findings. Theoretical bases and business processes of medical information systems are investigated. The basic principles of building a modern information system are studied. A medical information system with a high rate of reliability and speed has been designed and implemented. Developed a web application with a client-server architecture

Originality. Features of modern applied medical information systems are revealed. Possibilities of medical information as the main means of medical data storage are considered. The process of conducting medical reception according to the ICPC2 standard for primary care facilities has been worked out. Theoretical bases of construction of software information system for polyclinic and outpatient clinic are investigated.

Practical value. A medical information system with a high level of reliability and speed, an interface understandable for all age groups of users has been designed and implemented. Developed a web application with client-server architecture.

Keywords: web application; client-server architecture; medical information system; health care system.

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.6.2>

УДК 685.34.
017.86

ЛЕЩИШИН М.М., ЮНГІН О. С.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ГІГІЄНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВКЛАДНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ З ВСТАВКАМИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ У ВЗУТТЯ

Мета: Провести експериментальні дослідження з визначення гігієнічних властивостей вкладних індивідуальних устілок з твердотільними вставками у взуття.

Методика. Дослідження вкладних устілок на паропроникність та вологовміст виконували згідно ГОСТ 22900–78. Твердотілі вставки подрібнювали та екстрагували дистильованою водою протягом тижня для отримання водних екстрактів для подальших мікробіологічних досліджень. Визначення антимікробної дії проводили з використанням культури *S.aureus* ATCC 25923 в мікротитрувальних 96-лункових планшетках в рідкому поживному середовищі NB спектрофотометрично за показником оптичної густини (Ніро МРР-96, Biosan, $\lambda = 620$ нм, контроль – стерильне середовище NB) та на агаризованому середовищі – методом розташування нестерильного зразка устілок (30×30 мм) на поверхні стерильного середовища NA.

Результати. Для покращення гігієнічних характеристик внутрішнього простору взуття, в роботі представлені вкладні гігієнічні засоби з твердотільними вставками у вигляді таблеток з рослинної сировини лікарського чебрецю та шавлії. Наведено технологічну характеристику таблетованих вставок з рослинної сировини. Отримано результати паропроникності та вмісту вологи у досліджуваних зразках, які відповідають нормативним значенням по ГОСТ 940–81, та є безпечними для стопи людини.

Наукова новизна. Визначення показників паропроникності і вологовмісту вкладних гігієнічних устілок з таблетованими рослинними вставками і встановлення їх відповідності нормативним вимогам. Показано інгібування росту мікроорганізмів за рахунок використаної рослинної сировини в індивідуальних вкладних гігієнічних устілках.

Практична значимість. Перевагою індивідуального виготовлення взуття є можливість врахувати переваги замовника щодо засобів догляду за взуттям в процесі експлуатації. При цьому важливим завданням постає забезпечення гігієнічності внутрішнього простору взуття за рахунок використання вкладних устілок з вмістом елементів, отриманих із лікарської рослинної сировини.

Ключові слова: вкладні гігієнічні устілки; індивідуальне взуття; вставки з рослинної сировини; лікарський чебрець; лікарська шавлія.

Вступ. Ринок товарів на замовлення постійно зростає, все більше у всьому світі стає людей зацікавлених у придбанні продукції на замовлення, яка б відповідала їхнім індивідуальним потребам. В нас час представлено широкий вибір вкладних профілактичних устілок, які в свою чергу тим чи іншим способом покращують стан та комфорт стоп споживачів.

Проаналізувавши сучасний асортимент та патентну інформацію, устілки (ортези) поділяються на: ортопедичні, антибактеріальні, лікувально-профілактичні, масажні (акупресурні) [1, 2]. Для виготовлення устілок використовують найрізноманітніші матеріали: натуральну шкіру, натуральні текстильні полотна, мікрофібру, пробкову основу, бавовну, латекс, гель, термофольгу, легкі полімери та різні наповнювачі. У дисертаційній роботі Пруднікової Н.Д. [3] досліджено та створено конструкції масажних устілок і взуття, які діють на рефлекторні точки стопи, з використанням кісточок плодовитих рослин. Дані устілки рекомендовано використовувати людям з малорухомим стилем життя. Також існують відомі одноразові устілки на вугільно-латексній основі, що вбирають вологу і на тривалий час оберігають від появи неприємного запаху [4].

Постановка завдання. Наразі спостерігається підвищення інтересу до рослинної сировини як до основи біологічно активних речовин, які можна використовувати для покращення гігієнічних властивостей внутрішнього простору взуття. Властивості екстрактів лікарських трав та вплив їх гігієнічних властивостей практично не визначено, тому були проведені дослідження антимікробних властивостей сировини: лікарського чебреця звичайного та шавлії. Відомо, що протимікробні властивості рослинна сировина має за рахунок вмісту в ній ефірних олій. Лікарська шавлія містять ефірну олію 1,5–2,5% – біциклічні монотерпеноїди (борнеол, туйон, борнілацетат, цинеол, камфен та β -пінен), ди- і тритерпеноїди (розмаринова кислота (2–3%), рослина має високу біологічну активність [5, 6]. Лікарський чебрець звичайний містить монотерпенові феноли (карвакрол і п-цимол, тимол, ліналоол, α -пінен, α -борнеол, γ -терпінен, каріофілен), які проявляють протимікробні та дезодоруючі властивості [7, 8].

Виконання сировини рослинного походження у таблетованому вигляді не створює пилу і бруду та не забиває пори використаних шарів матеріалу, крізь які відбувається дезодорація та усунення неприємних запахів, таким чином зберігаються функціональні властивості вкладної устілки та збільшується термін експлуатації гігієнічних засобів.

Результати дослідження. Для забезпечення зручності взуття важливе значення має вологовміст та паропроникність матеріалів. В роботі було досліджено засоби для зберігання взуття, а саме вкладні гігієнічні устілки зі шкіри з твердотільними вставками (таблетована лікарська сировина чебрецю та шавлії). Для вкладних гігієнічних устілок використовували представленні лікарські трави у подрібленому та спресованому таблетованому вигляді. Технологічні характеристики таблетованих вставок з подріблених трав (рис. 1) наведено у табл. 1.



Рис. 1. Таблетовані вставки з рослинної сировини та гігієнічна устілка

Таблиця 1

Технологічні характеристики таблетованих вставок з подріблених лікарських трав

Показники	Чебрець звичайний лікарський	Шавлія лікарська
Розміри, мм:		
Ød	10,0	8,0
висота	3,0	3,0
Маса, г	2,6	2,4
Вміст масла, %	1,0–2,1	1,5–2,5
Вміст білка%	20,0–30,0	13,0–20,0

Досліджено паропроникність (табл. 2) та вміст вологи вкладних гігієнічних засобів для взуття, а саме підкладкова шкіра з яких виготовлені устілки, рослинна сировина та шкіра з рослинними твердотільними вставками.

Таблиця 2

Результати паропроникності досліджуваних зразків устілки

Назва зразка	Робоча площа зразка, см ²	Відносна паропроникність, %
Шкіра + Шавлія	4,9	63,2
Шкіра + Чебрець		50,3
Шкіра без трав'яних таблеток		58,1

З отриманих результатів (табл. 2), можна зазначити, що відносна паропроникність вкладних гігієнічних устілок у взуття включає: матеріал устілки підкладкова шкіра в два шари за ГОСТ 940–81 – 58,1%, два шари шкіри з таблетованою вставкою посередині з рослинної сировини лікарської шавлії – 63,2%, з таблетованою вставкою посередині з рослинної сировини лікарського чебрецю – 50,3%. Всі показники відповідають нормативним вимогам ГОСТ 940-81 Шкіра для підкладки (свиняча) не менше 37% [9].

Отримані результати досліджуваних зразків на вміст вологи занесені в таблицю 3.

Таблиця 3

Визначення вмісту вологи

Назва зразка	Номер буюкса	Маса пустого буюкса, г	Наважка, г	Маса буюкса після сушки разом з наважкою, г	Наважка після сушки, г	Волога, %
Лікарські трави						
Чебрець 1	208	20,479	2,470	22,694	2,215	10,3
Чебрець 2	346	21,431	2,463	23,640	2,209	10,3
Шавлія 1	262	21,869	2,471	24,085	2,216	10,3
Шавлія 2	168	20,691	2,545	22,973	2,282	10,3
Устілки з наповненням						
Шавлія 1	160	20,216	2,625	22,498	2,282	13,1
Шавлія 2	132	21,595	2,550	23,815	2,220	13,0
Чебрець 1	331	19,722	2,706	22,066	2,344	13,2
Чебрець 2	336	21,289	2,529	23,482	2,192	13,3
Устілка без наповнення						
Устілка без трав 1	237	20,397	2,532	22,576	2,179	14,0
Устілка без трав 2	147	22,422	2,519	24,587	2,165	14,0

Проаналізувавши результати експерименту на вологовміст вкладних гігієнічних засобів у взуття (табл. 3), зазначимо, що всі використані матеріали відповідають нормативним вимогам (10–16%) та є нешкідливими для людини за ДСТУ 2726-94 Шкіра для верху взуття. Технічні умови [10]. Вологовміст використаної шкіри для устілки становить – 14,0%, вологовміст рослинної сировини – 10,3%, вологовміст шкіри з таблетованими рослинними вставками – 13,0–13,3%.

Було проведено попереднє дослідження впливу зразків устілок (з таблетованими рослинними вставками та без) на ріст мікроорганізмів. Нестерильні зразки устілок (30*30 мм) розміщували на стерильній поверхні агаризованого поживного середовища NA (Nutrient Agar, HiMedia Ltd.) та витримували 24 години за температури 37°C. Після цього оцінювали ступінь розростання мікроорганізмів по поверхні (рис. 2).

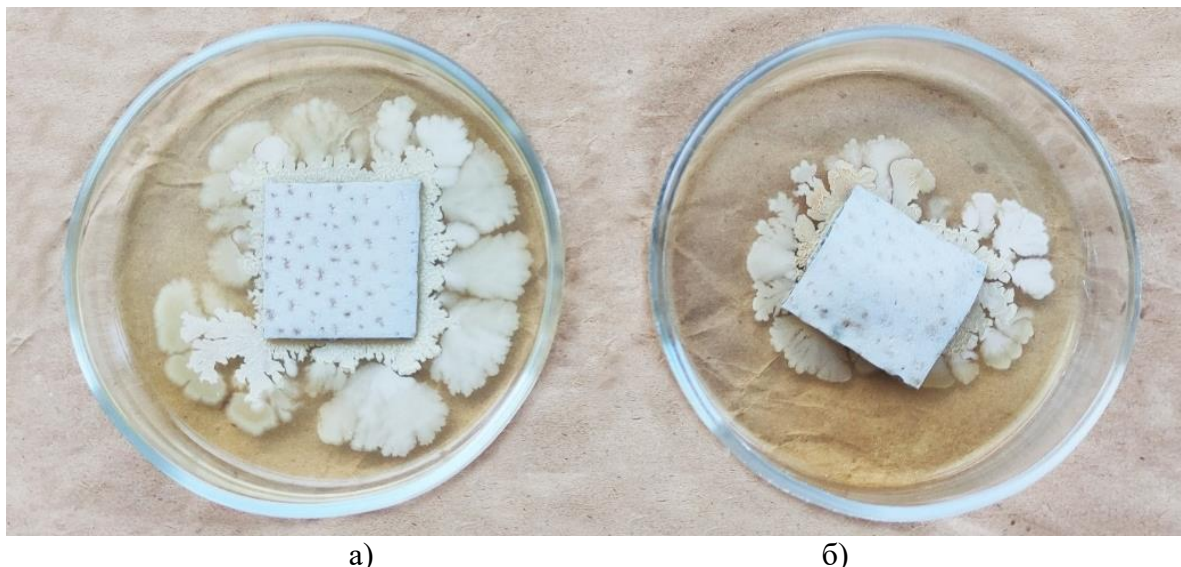


Рис. 2. Мікробний ріст: а) матеріал устілки (натуральна підкладкова шкіра); б) підкладкова шкіра з таблетованою вставкою з рослинної сировини (чебрець)

В результаті показано зменшення мікробного росту за площею поверхні у зразку з таблетованими вставками в порівнянні з матеріалом без рослинного наповнення всередині. Це може свідчити про наявність антимікробної дії таблетованих вставок рослинного походження та актуальність проведення подальших досліджень.

Для проведення подальших мікробіологічних досліджень був отриманий водний екстракт таблетованих вставок рослинного походження. Для оцінки впливу водних екстрактів різної концентрації використовували грам-позитивну культуру *S.aureus* ATCC 25923 за таким протоколом. Добову культуру мікроорганізму (КУО 10^8 кл/мл) розводили зі свіжим поживним середовищем (співвідношення 1:10) і вносили в 96-лунковий мікропланшет з концентраційним градієнтом водного екстракту (0-10% екстракту), після чого культивували добу за 37°C. Після закінчення культивування визначали приріст біомаси за оптичною густиною та адгезією клітин до поверхні за протоколом [11]. Дослідження проводили в стаціонарній культурі. Вплив водного екстракту на приріст біомаси *S.aureus* ATCC 25923 показано на рис. 3.

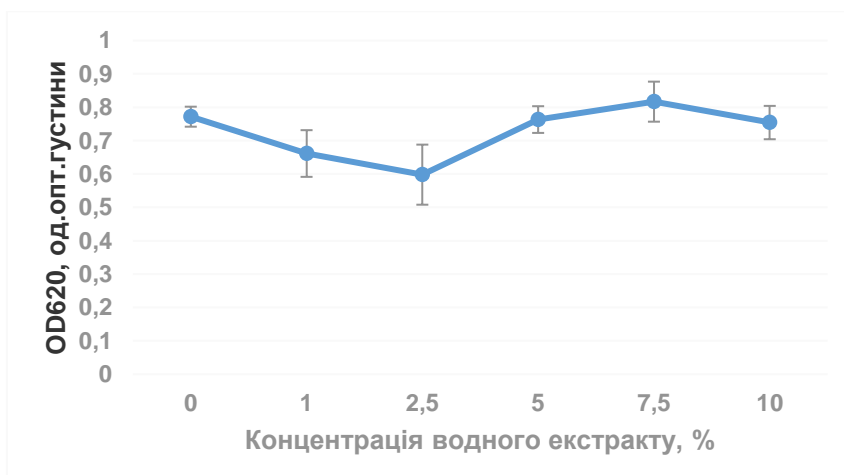


Рис. 3. Вплив водного екстракту на приріст біомаси *S.aureus* ATCC 25923

Застосування водного екстракту таблетованих вставок рослинного походження у досліджуваному концентраційному діапазоні, в цілому, не мало інгібуючого ефекту на приріст біомаси *S.aureus*. Концентрація 2,5% водного екстракту дещо знижувала показник приросту біомаси (на 22%), однак цей показник залишався в діапазоні похибки дослідження.

Також було оцінено прикріплення клітин бактерій до поверхні, що свідчить про ступінь біоплівкоутворення (рис. 4).



Рис. 4. Адгезія клітин до поверхні з використанням кристалічного фіолетового

Спостерігали посилення адгезії клітин бактеріального штаму до поверхні з підвищенням концентрації водного екстракту. Це, ймовірно, може бути пов'язано з фізико-хімічними особливостями екстракта та його наявності мікрочастинок, що можуть виконувати функцію додаткової поверхні для бактеріальних клітин або впливати на агрегацію клітин.

Висновки. Розроблені вкладні гігієнічні засоби для взуття покращують гігієнічні властивості взуття, чим подовжують термін експлуатації індивідуальних виробів та покращують комфорт стопи. Таблетовані вставки потенційно мають антимікробну дію, але це питання потребує подальших досліджень. Завдяки таблетованим вставкам вкладні гігієнічні устілки підвищують антибактеріальну властивість та дезодоруючі характеристики у внутрішньому просторі взуття, що підвищує споживчу цінність індивідуальним виробам. Отримані результати дають змогу стверджувати, що рослинна сировина може мати нові властивості, і саме тому ця робота має перспективу продовження.

References

1. Patent №2531724 RU, МПК А43В 17/00. Stelka ortopedicheskaia miagkaia i sposob ee izgotovleniia [Soft orthopedic insole and method of making it]. Vishnev S. Iu. Zaiavka 2013118991/12. Zaiavl. 23.04.2013. Opubl. 27.10.2014, Biul. No 30. 14 p. [in Russian].
2. Patent №54679 UA, МПК А43В 13/38, А43В 17/00. Ustilka dlia vzuttia [Shoe insole]. Voronkievich A. M. (BY), No u201003944; zaiavl. 25.11.2010; opubl. 25.11.2010, Biul. No 22. 3 p. [in Ukrainian].

Література

1. Патент №2531724 РФ, МПК А43В 17/00. Стелка ортопедическая мягкая и способ ее изготовления. Вишнев С. Ю. Заявка 2013118991/12. Заявл. 23.04.2013. Оpubл. 27.10.2014, Бюл. No 30. 14 с.
2. Патент №54679 Україна, МПК А43В 13/38, А43В 17/00. Устілка для взуття. Воронкевіч А. М. (BY), No u201003944; заявл. 25.11.2010; опубл. 25.11.2010, Бюл. No 22. 3 с.

3. Ostapchuk, I. P., Pervaia, N. V., Prudnikova, N. D., Bas, N. V. (2010). Rozrobka profilaktychno-likuvalnykh ustilok z vykorystanniam materialiv pryrodnoho pokhodzhennia [Development of preventive and therapeutic insoles using materials of natural origin]. *Visnyk KNUTD = Bulletin of the KNUTD*, No. 4, P. 65–70 [in Ukrainian].
4. Patent 10155831 DE, МПК А43В 17/12. Footwear insole of top and bottom layers has interposed center layer of powdered or chip wood containing essential oils and step-stitched all over 145 crisscrossed to top and bottom layers. Peter Hechler, No DE2001155831; stated 14.11.2001; publ. 22.05.2003. 5 p.
5. Akhmetova, S. B. (2008). Antifungalnaia aktivnost efirnykh masel rastenii flory Kazakhstana [Antifungal activity of essential oils of plants of the flora of Kazakhstan]. *Razrabotka, issledovanie i marketing novoi farmatsevticheskoi produktcii: sb. nauch. tr. = Development, research and marketing of new pharmaceutical products*. Piatigorsk: Piatigorskaia GFA, Vol. 63, P. 378 [in Russian].
6. Kharchilava, I. A. et al. (2005). Razrabotka gelia s kompleksom efirnykh masel dlia lecheniia vospalitelnykh zabolevanii parodonta [Development of a gel with a complex of essential oils for the treatment of inflammatory periodontal diseases]. *Razrabotka, issledovanie i marketing novoi farmatsevticheskoi produktcii: sb. nauch. tr. = Development, research and marketing of new pharmaceutical products*. Piatigorsk: Piatigorskaia GFA, Vol. 60, P. 160–161 [in Russian].
7. Shuliakovskaia, T. A., Vetchinnikova, L. V., Repin, A. V. (2007). Dinamika sodержaniia aminokislot v pochках i listiakh Betula pubescens i B. pendula (Betulaceae) v techenie vegetatsionnogo perioda [Dynamics of amino acid content in buds and leaves of Betula pubescens and B. pendula (Betulaceae) during the growing season]. *Rast. Resursy = Rast. resources*, Vol. 43, Iss. 4, P. 87–94 [in Russian].
8. Abokumov, V. I., Morozova, S. S. (2008). Tekhnologiia proizvodstva SO₂-ekstraktov i ikh ispolzovanie v kosmetike i balneologii [Technology for the production of CO₂-extracts and their use in cosmetics and balneology]. *Razrabotka, issledovanie i marketing novoi farmatsevticheskoi produktcii: sb. nauch. tr. = Development, research and marketing of new pharmaceutical products*. Piatigorsk: Piatigorskaia GFA, Vol. 63, P. 102–104 [in Russian].
9. GOST 940-81 Kozha dlia podkladki obuvi. Tekhnicheskie usloviia [Leather for shoe lining. Technical conditions]. Data vvedeniia 1982-07-01 [in Russian].
10. DSTU 2726-94 Shkira dlia verkhу vzuttia. Tekhnichni umovy [Leather for uppers. Specifications] (GOST 939-94) [in Ukrainian].
3. Остапчук І. П., Первая Н. В., Пруднікова Н. Д., Бас Н. В. Розробка профілактично-лікувальних устілок з використанням матеріалів природного походження. *Вісник КНУТД*. 2010. No. 4. С. 65–70.
4. Patent 10155831 DE, МПК А43В 17/12. Footwear insole of top and bottom layers has interposed center layer of powdered or chip wood containing essential oils and step-stitched all over 145 crisscrossed to top and bottom layers. Peter Hechler, No DE2001155831; stated 14.11.2001; publ. 22.05.2003. 5 p.
5. Ахметова С. Б. Антифунгальная активность эфирных масел растений флоры Казахстана. *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр.* Пятигорск: Пятигорская ГФА, 2008. Вып. 63. С. 378.
6. Харчилава И. А. и др. Разработка геля с комплексом эфирных масел для лечения воспалительных заболеваний пародонта. *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр.* Пятигорск: Пятигорская ГФА, 2005. Вып. 60. С. 160–161.
7. Шуляковская Т. А., Ветчинникова Л. В., Репин А. В. Динамика содержания аминокислот в почках и листьях Betula pubescens и B. pendula (Betulaceae) в течение вегетационного периода. *Раст. ресурсы*. 2007. Т. 43, Вып. 4. С. 87–94.
8. Абокумов В. И., Морозова С. С. Технология производства CO₂-экстрактов и их использование в косметике и бальнеологии. *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр.* Пятигорск: Пятигорская ГФА, 2008. Вып. 63. С. 102–104.
9. ГОСТ 940-81 Кожа для подкладки обуви. Технические условия. Дата введения 1982-07-01.
10. ДСТУ 2726-94 Шкіра для верху взуття. Технічні умови (ГОСТ 939-94).

11. Xu, Z., Liang, Y., Lin, S., Chen, D., Li, B., Li, L., & Deng, Y. (2016). Crystal violet and XTT assays on *Staphylococcus aureus* biofilm quantification. *Current microbiology*, 73(4), 474–482.

11. Xu Z., Liang Y., Lin S., Chen D., Li B., Li L., Deng Y. Crystal violet and XTT assays on *Staphylococcus aureus* biofilm quantification. *Current microbiology*. 2016. No. 73 (4). P. 474–482.

LESHCHYSHYN MARYNA

Graduate Student, Kyiv National University of
Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1497-0094>
Scopus Author ID: 57226638608
E-mail: marfichuk@gmail.com

IUNGIN OLGA

Candidate of Biological Sciences, Assistant Professor,
Department of Biotechnology, Leather and Fur,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8876-6075>
Scopus Author ID: 56892763500
E-mail: olgaungin@gmail.com

ЛЕЩИШИН М. М., ЮНГИН О. С.

Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВКЛАДНЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
СРЕДСТВ С ВСТАВКАМИ РАСТЕННОГО СЫРЬЯ В ОБУВЬ**

Цель: Провести экспериментальные исследования по определению гигиенических свойств вкладных индивидуальных стелек с твердотельными вставками в обувь.

Методика. Исследования вкладных стелек на паропрооницаемость и влагосодержание выполняли согласно ГОСТ 22900-78. Твердотельные вставки измельчали и экстрагировали дистиллированной водой в течение недели для получения водных экстрактов для микробиологических исследований. Определение антимикробного действия проводили с использованием культуры *S.aureus* ATCC 25923 в микротитровальных 96-луночных планшетах в жидкой питательной среде NB спектофотометрически по показателю оптической плотности (Ниро MPP-96, Biosan, $\lambda = 620$ нм, контроль. среде – методом расположения нестерильного образца стельок (30×30 мм) на поверхности стерильной среды NA.

Результаты. Для улучшения гигиенических характеристик внутреннего пространства обуви в работе представлены вкладные гигиенические средства с твердотельными вставками в виде таблеток из растительного сырья лекарственного тимьяна и шалфея. Приведена технологическая характеристика таблетированных вставок из растительного сырья. Получены результаты паропрооницаемости и содержания влаги в исследуемых образцах, которые соответствуют нормативным значениям по ГОСТ 940-81 и являются безопасными для стопы человека.

Научная новизна. Определение показателей паропрооницаемости и влагосодержания вкладных гигиенических стелек с таблетированными растительными вставками и установление их соответствия нормативным требованиям. Показано ингибирование роста микроорганизмов за счет использованного растительного сырья в индивидуальных вкладных гигиенических стельках.

Практическая значимость. Преимуществом индивидуального изготовления обуви есть возможность учесть предпочтения заказчика по средствам ухода за обувью в процессе эксплуатации. При этом важной задачей является обеспечение гигиеничности внутреннего пространства обуви за счет использования вкладных стелек с содержанием элементов, полученных из лекарственного растительного сырья.

Ключевые слова: вкладные гигиенические стельки; индивидуальная обувь; вставки из растительного сырья; лекарственный чабрец; лекарственный шалфей.

LESHCHYSHYN M. M., IUNGIN O. S.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**DEVELOPMENT OF HYGIENIC PROPERTIES EMBEDDED INDIVIDUAL
MEANS WITH PLANT INSERTS IN FOOTWEAR**

Purpose: *To conduct experimental studies of embedded hygienic installed insoles with tableted plant inserts in footwear*

Methodology. *The properties of embedded hygienic insoles have been studied for vapor permeability and moisture content according to the methods of GOST 22900-78. The solid inserts were ground and extracted with distilled water for a week to obtain aqueous extracts for microbiological studies. Determination of antimicrobial activity was performed using a culture of S.aureus ATCC 25923 in microtiter 96-well plates in liquid nutrient medium NB spectrophotometrically by optical density (Hipo MPP-96, Biosan, $\lambda = 620$ nm, control medium – by the location of a non-sterile sample with $(30 \times 30$ mm) on the surface of sterile NA medium.*

Findings. *To improve the hygienic characteristics of the inner space of the shoe, the research presents embedded hygienic products with solid inserts in the form of tablets from the plant raw materials of medicinal thyme and sage. The technological characteristics of tableted inserts from vegetable raw materials are given. The results of vapor permeability and moisture content in the studied samples are obtained, which correspond to the normative values according to GOST 940-81 and are safe for human feet.*

Originality. *Determination of indicators of vapor permeability and moisture content of embedded hygienic installed insoles with tableted plant inserts and establishing their compliance with regulatory requirements. Determined the regularities of inhibitory effect of aqueous extracts of thyme on the growth of biomass of gram-negative bacteria in planktonic culture.*

Practical value. *Another advantage of custom-made shoes is the ability to consider the customer's preferences regarding shoe care products during the operation. At the same time, an important task is to ensure the hygiene of the inner space of the shoe through the use of insoles containing elements obtained from medicinal plant materials.*

Keywords: *inset hygiene insoles; custom-made footwear; inserts from plants raw materials; medicinal thyme; medicinal sage.*

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.6.3>

УДК 678.7:
661.1:615.4

¹ВАХІТОВА Л. М., ¹КАЛАФАТ К. В.,

¹ТАРАН Н. А., ²БЕССАРАБОВ В. І.

¹Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Київ, Україна

²Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

ПОРІВНЯННЯ ПОЛІОЛІВ ЯК КАРБОНІЗУЮЧИХ АГЕНТІВ ВОГНЕЗАХИСНИХ КОМПОЗИЦІЙ ІНТУМЕСЦЕНТНОГО ТИПУ

Мета. Дослідження впливу структури карбонізуючого агента на процеси побудови теплоізоляційного коксового шару інтумесцентної системи донор кислоти/поліол та на вогнезахисну ефективність цієї системи в умовах високих температур.

Методика. За модельну інтумесцентну систему обрано вогнезахисну суміш донор кислоти (фосфати амонію, карбаміду, меламіну). Як полімерну складову використовували дисперсію співполімеру вінілацетату з етиленом. В дослідженні застосовано вивчення характеристик коксового шару інтумесцентної композиції, яке полягає в аналізі характеристик утвореного коксу після витримки зразків інтумесцентної системи при певній температурі. Як основні оціночні параметри вогнезахисного ефекту пропонуються об'ємний коефіцієнт спучення ($K, \text{см}^3/\text{г}$), маса коксового залишку ($m, \%$), структура та густина утвореного коксового шару. Для ідентифікації продуктів термолізу інтумесцентних систем використано метод ІЧ-спектроскопії. Визначення вогнезахисної ефективності інтумесцентних покриттів проводили в міні-печі в умовах стандартної пожежі.

Результати. Досліджено вплив структури поліолів на процеси побудови теплоізоляційного коксового шару інтумесцентної системи донор кислоти/поліол та на прогнозування вогнезахисної ефективності цієї системи в умовах високих температур.

Доведено, що в умовах теплового удару ефективність вогнезахисту в більшій мірі залежить від реакційної нуклеофільної здатності поліолу по відношенню до ненасиченого атому фосфору донору кислоти, а не від його режиму терморозкладання. Встановлено, що найбільш ефективними карбонізуючими агентами, незалежно від структури донору кислоти, є пентаеритрит, дипентаеритрит, крохмаль, декстрин, ксиліт та сорбіт. Методом ІЧ-спектроскопії доведено, що при високих температурах в результаті розкладання пентаеритриту одними з продуктів реакції є альдегіди, які взаємодіють з пентаеритритом з утворенням олігомерних сполук з простим ефірним зв'язком С–О–С. При цьому пентаеритрит може вважатися універсальним джерелом вуглецевого каркасу для інтумесцентного вогнезахисту незалежно від будови та властивостей фосфатів, що використовуються.

Наукова новизна. Показано, що важливим фактором підвищення вогнезахисної ефективності інтумесцентних систем є використання поліолів з підвищеною нуклеофільністю в реакції етерифікації між поліолом та фосфатною кислотою.

Практична значимість. Визначено оптимальні поліоли, як карбонізуючі агенти, для розробки рецептур інтумесцентних покриттів з підвищеними вогнезахисними властивостями.

Ключові слова: вогнезахист; інтумесцентна система; поліфосфат амонію; меламін; пентаеритрит; амін; поліол.

Вступ. Практично всі будівельні конструкції – металеві [1], дерев'яні [2], полімерні [3], бетонні та залізобетонні [4] тощо потребують захисту від пожежі, оскільки більшість з них втрачають несучу здатність та нестійкі до руйнівної дії вогню. Одним із способів підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій є вогнезахисне оброблення покриттями реактивного типу [5, 6]. Такі покриття, основою яких є інтумесцентна система (ІС), під тепловим впливом пожежі спучуються, різко збільшують свій об'єм з утворенням коксового шару з низькою теплопровідністю та високою стійкістю до дії вогню. Традиційна ІС складається з трьох основних складових [7–9]:

а) карбонізуючий агент, яким, як правило, є багатоатомні спирти або полііоли – органічні гідроксилвмісні сполуки з високим вмістом вуглецю;

б) донор кислоти (каталізатор) – неорганічна кислота або речовина, що виділяє кислоту при 100–250 °С;

с) газоутворювач, яким є органічний амін або амід; деякі неорганічні солі, що здатні виділяти значну кількість негорючих газів при термічному розкладанні – карбонати лужних металів та солі амонію.

Відомо [5, 6, 9], що комбінація поліфосфат амонію (APP)/меламін (МА)/пентаеритрит (PE) є однією з ефективних та розповсюджених основ для інтумесцентних засобів вогнезахисту. Рекомендоване, емпірично перевірене співвідношення APP:МА:PE становить 3:1:1 та забезпечує створення ефективного покриття, що спучується [10]. Тим не менш, сучасні вимоги до пожежної безпеки потребують подальших досліджень щодо підвищення ефективності, строку експлуатації, екологічних характеристик, що спонукає дослідників [9] використовувати принципи різних аналогій із заміною кожного із зазначених вище інгредієнтів.

Як джерела вуглецю (карбонізуючі агенти) найчастіше використовують гідроксилвмісні вуглеводні [11]: крохмаль, декстрин, поліфункціональні спирти, зокрема моно-, ді- та трипентаеритрит або їх суміші [12], сорбіт, резорцин, триметилломеламін, триетиленгліколь, фенолформальдегіди та феноли [9]. Однак, незважаючи на такий широкий асортимент замінників PE, в літературі відсутні систематичні вивчення та порівняння цих речовин в ідентичних інтумесцентних тріадах та в умовах, а також не існує єдиної науково-обґрунтованої думки щодо напрямків хімічних процесів за участю карбонізуючих агентів. Тому є необхідність подальшого вивчення механізмів інтумесцентної дії компонентів реактивних вогнезахисних систем з варіацією близьких за складом аналогів, які мають у своєму складі гідроксигрупи.

Постановка завдання. Результати літературного огляду з впливу полііолів та їх аналогів на вогнезахисну ефективність ІС дозволяють констатувати про обмеженість досліджень щодо цього питання [9–11]. Це пов'язано, насамперед, з наявністю в основному патентної інформації щодо застосування тих чи інших карбонізуючих компонентів в різноманітних інтумесцентних системах. Для формування узагальнених теоретичних висновків необхідне накопичення експериментальних досліджень з питань розширення компонентів ІС без втрати вогнезахисної ефективності.

Метою цього дослідження є вивчення впливу структури карбонізуючого агента на процеси побудови теплоізоляційного коксового шару інтумесцентної системи донор кислоти/поліол та на вогнезахисну ефективність цієї системи в умовах високих температур.

Результати дослідження. Для виконання експериментальної частини роботи залучено такі основні реактиви та матеріали: водні дисперсії етилену з вінілацетатом (EVA), поліфосфат амонію з кристалічною фазою II і ступенем полімеризації більше 1000, меламін, пентаеритрит, діоксид титану, інші матеріали з доведеною ідентичністю та класифікацією чистоти не менше «ч». Для ідентифікації покриттів та продуктів їх термолізу використано методи ІЧ-спектроскопії із застосуванням приладів Bruker Tensor 37 FT-IR. Визначення коефіцієнта спучення інтумесцентних композицій K (см³/г) та значення маси коксового залишку (Δm , %) докладно описані у роботі [13], а приготування фарб та визначення вогнезахисної ефективності – в роботі [14].

Для визначення коефіцієнта спучення інтумесцентних композицій K (см³/г) та значення маси коксового залишку (Δm , %) подвійних ІС фосфат/поліол (співвідношення 3:1) відповідну суміш перемішували на вібраційному млині протягом 2 хв, 1 г цієї суміші ущільнювали в коробочці з алюмінієвої фольги й витримували у термошафі при 500 °С протягом 15 хв. Визначали об'єм та масу утвореного коксового залишку.

Як поліоли досліджували пентаеритрит (1), дипентаеритрит (2), триметилпропан (3), крохмаль (4), декстрин (5), ксиліт (6), глюкозу (7), цукрозу (8), сорбіт (9). Донорами кислоти виступали моноамоній фосфат (АМР), поліамоній фосфат (АРР), меламін фосфат (МР), карбамід фосфат (СР). Результати цих досліджень наведені у табл. 1.

Вибір компонентів подвійної ІС не є випадковим. Було обрано речовини із відповідних компонентів типової ІС, які максимально розрізняються за температурами початку деструкції: карбонізуючі агенти (поліоли) – від 58°C для триметилпропану до 260°C для пентаеритриту; донори кислоти – від 180°C для фосфату карбаміду до 335°C для поліфосфату амонію. Такий підхід до обрання модельних сполук було застосовано для перевірки загальноприйнятого тезису, що вогнезахисна ефективність ІС є найвищою для компонентів з найбільш близькими температурами початку деструкції. Послідовність хімічних процесів, що відбуваються в ІС залежить від температурного режиму (Т, °С) і в загальному випадку виглядає наступним чином:

а) Т = 150–215°C, з джерела кислоти, наприклад АРР, вивільняється поліфосфорна кислота та аміак;

б) Т = 215–280°C, відбувається реакція етерифікації карбонізуючого агента поліфосфорною кислотою, яка приводить до формування структур майбутнього фосфор-вуглецевого каркасу;

в) Т = 280–350°C, починається перегрупування поліфосфорних ефірів з утворенням теплоізоляційного каркасу.

Таблиця 1

Параметри спучення подвійної системи донор кислоти/поліол

№	Поліол	T _{дестр.} поліолу, °С	K, см ³ /г	Δm, %	R, хв
1	2	3	4	5	6
Моноамоній фосфат T _{дестр} 190°C					
1	Пентаеритрит	261	58	65	18
2	Дипентаеритрит	205	50	68	
3	Триметилпропан	58	12	50	
4	Крохмаль	200	43	81	
5	Декстрин	210	40	83	
6	Ксиліт	94	55	65	
7	Глюкоза	146	17	60	
8	Цукроза	186	20	50	
9	Сорбіт	112	60	71	
Поліамоній фосфат T _{дестр} 335°C					
1	Пентаеритрит	261	60	85	24
2	Дипентаеритрит	205	58	87	
3	Триметилпропан	58	5	50	
4	Крохмаль	200	25	90	
5	Декстрин	210	31	91	
6	Ксиліт	94	56	75	
7	Глюкоза	146	10	62	
8	Цукроза	186	6	59	
9	Сорбіт	112	35	61	
Фосфат карбаміду T _{дестр} 180°C					
1	Пентаеритрит	261	20	65	12
2	Дипентаеритрит	205	28	70	
3	Триметилпропан	58	20	82	

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6
4	Крохмаль	200	80	70	
5	Декстрин	210	60	74	
6	Ксиліт	94	70	65	
7	Глюкоза	146	48	75	
8	Цукроза	186	40	76	
9	Сорбіт	112	50	60	
Фосфат меламіну T _{дестр} 305°C					
1	Пентаеритрит	261	70	74	21
2	Дипентаеритрит	205	78	72	
3	Триметилпропан	58	18	60	
4	Крохмаль	200	30	65	
5	Декстрин	210	20	50	
6	Ксиліт	94	25	68	
7	Глюкоза	146	15	85	
8	Цукроза	186	10	88	
9	Сорбіт	112	50	70	

Звичайно, що випадковий вибір сполук ІС донор кислоти/карбонізуючий агент лише за аналогіями хімічних класів речовин не забезпечує належного спучення. Очевидно, що газоутворювач повинен бути дієздатним до розширення каркасу при температурі вище тієї, при якій відбуваються основні процеси, а карбонізуючий агент має бути мінімально деструктурованим до моменту початку етерифікації донором кислоти.

Тим не меш, аналіз даних, що наведені у табл. 1 не дозволяє визначити чіткі відповідності між коефіцієнтом спучення інтумесцентних композицій К (см³/г) і значенням маси коксового залишку (Δm, %) подвійних ІС фосфат/поліол та різницею в температурах деструкції відповідних фосфатів і поліолів. Цей факт приводить до висновку, що в умовах теплового удару (яким і є умови реальної пожежі) ефективність вогнезахисту залежить, перш за все, від реакційної нуклеофільної здатності поліолу по відношенню до ненасиченого атому фосфору фосфорної кислоти. На рис. 1 наведено профілі зміни коефіцієнта спучення досліджених ІС залежно від структур фосфату та поліолу. По осі абсцис відображено номера поліолів згідно з табл. 1.

Результати рис. 1 демонструють неочікуваний результат – для всіх досліджених фосфатів, незалежно від їх структури та температури деструкції спостерігається практично однотипний розподіл поліолів за впливом на значення коефіцієнта спучення системи. Це дозволяє в першому приближенні визначити ефективні та нефективні поліоли для інтумесцентного вогнезахисту. До першої групи відносяться – пентаеритрит (1), дипентаеритрит (2), крохмаль (4), декстрин (5), ксиліт (6) та сорбіт (9); до другої – триметилпропан (3), глюкоза (7), цукроза (8).

Отримані експериментальні дані певною мірою суперечать усталеному постулату щодо необхідності максимальної близькості температур деструкції поліолу і донору кислоти, але, перш за все, вони констатують наявність дуже складного механізму інтумесценції, який неможливо однозначно вписати в рамки запропонованих хімічних перетворень. Проте обробка даних табл. 1 за кореляційним рівнянням [15]:

$$K = A + B\Delta m + C [\text{OH}], \quad (1)$$

де [OH] – вміст (%) гідроксильних груп у поліолі, призвела до позитивних, судячи з коефіцієнтів кореляції, наведених в табл. 2.

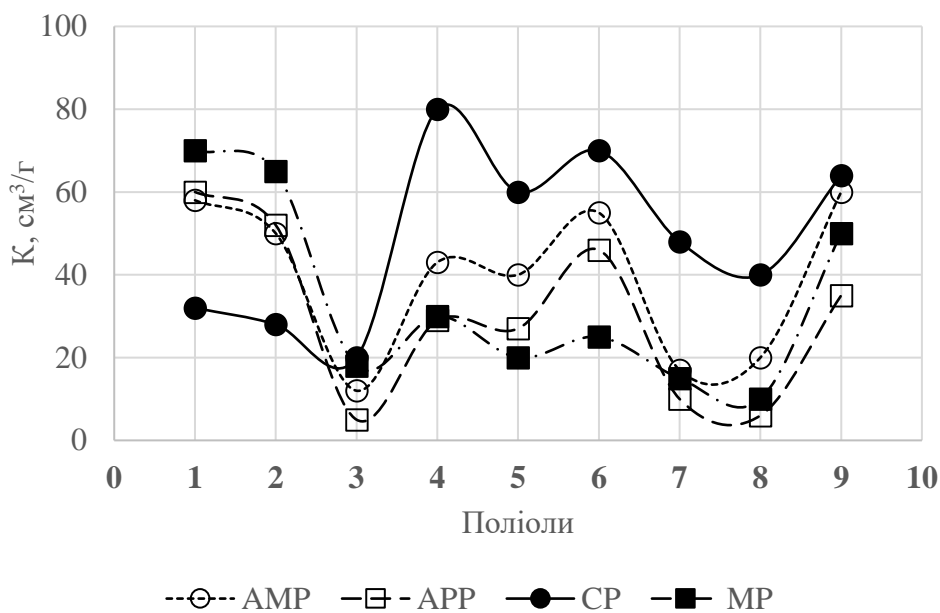


Рис. 1. Значення коефіцієнта спучення (K , $\text{cm}^3/\text{г}$) для різних поліолів: система донор кислоти/поліол при співвідношенні 3:1(за мас.); поліол: пентаеритрит (1), дипентаеритрит (2), триметилпропан (3), крохмаль (4), декстрин (5), ксиліт (6), глюкоза (7), цукроза (8), сорбіт (9); донор кислоти: моноамоній фосфат (AMP), поліамоній фосфат (APP), меламін фосфат (MP)

Таблиця 2

Параметри кореляційного рівняння (1)

Донор кислоти	A	B	C	R
APP	10 ± 8	$-0,57 \pm 0,17$	$1,86 \pm 0,31$	0,956
MP	8 ± 5	$-0,80 \pm 0,30$	$1,50 \pm 0,36$	0,965
AMP	15 ± 11	$-0,55 \pm 0,20$	$1,05 \pm 0,20$	0,930
CP	73 ± 21	$-1,81 \pm 0,48$	$0,13 \pm 0,52$	0,924

Джерело: за даними роботи [15].

Значення параметра відповідає коефіцієнту мимовільного термічного спучування донора кислоти й характеризує ступінь його непродуктивної витрати внаслідок передчасного піролізу. Параметр B свідчить про вклад величини втрати маси в значення коефіцієнта спучування системи донор кислоти/поліол. Таким чином, негативний знак значення цього параметра для застосованих фосфорвмісних сполук однозначно свідчить, що зменшення маси призводить до зменшення коефіцієнта спучування (зростання вкладу непродуктивного газоутворення). У свою чергу, параметр характеризує реакційну здатність донора кислоти по відношенню до поліолів в реакції етерифікації карбонізуючого агента фосфорною кислотою.

Аналіз параметрів A, B та C (табл. 2) дозволяє визначити APP, як універсальний кислотний агент в інтумесцентній парі з поліолом. Значно відстають за своїми властивостями фосфати меламіну і моноамонію, а карбамід фосфат взагалі не можна рекомендувати як донор кислоти у складі ІС. Цей висновок підтверджено даними з визначення межі вогнестійкості сталевих пластин (R, хв, табл. 1) шляхом вогневих випробувань у міні печі. Для цього гомогенізовану суміш (60 г фосфату, 20 г поліолу, 20 г дисперсії ЕВА та 20 г води) наносили на металеву пластину розміром 10x10 см товщиною 2 мм і визначали вогнезахисну ефективність покриття. За межу вогнестійкості покриття приймали час (t, хв) досягнення значення температури $T = 500^\circ\text{C}$ на звороті металевій пластині. Наведені у табл. 1 значення R

демонструють, що фосфат карбаміду у складі інтумесцентного покриття забезпечує межу вогнестійкості (12 хв) у два рази нижчу, аніж аммоній поліфосфат (24 хв).

Що стосується РЕ, як універсального поліолу для досліджених фосфатів (табл. 1) за виключенням фосфату карбаміду, то його ефективність в ІС пов'язана, перш за все з особливостями перетворень РЕ в умовах високих температур, а саме здатністю утворювати активні до інтумесцентних процесів проміжні продукти.

ІЧ-дослідження подвійної системи АРР/РЕ після нагрівання до 350 °С, підтверджує наявність у системі температурної деструкції поліфосфату амонію з виділенням фосфорної кислоти та аміаку та процесу кислотної дегідратації пентаеритриту з утворенням необмежених сполук: 3052 (NH₃), 2840 (O=C-H), 1716 (C=O), 1634 (C=C), 1431 (H₃PO₄), 1212–1156 (C–O–C), 995 (NH₃). Поява в спектрі смуг груп O=C-H, і C=O дозволяє припустити, що перетворення РЕ в альдегідні похідні та подальше їх окислення у відповідні кислоти є ймовірним. Цю точку зору підтверджують дані ІЧ-спектрів потрійної інтумесцентної системи АРР/РЕ/МА (рис. 2), в яких були виявлені сполуки з амідною групою O=C-NH- (3170 см⁻¹, 1732 см⁻¹, 1550 см⁻¹) при 300 та 350 °С.

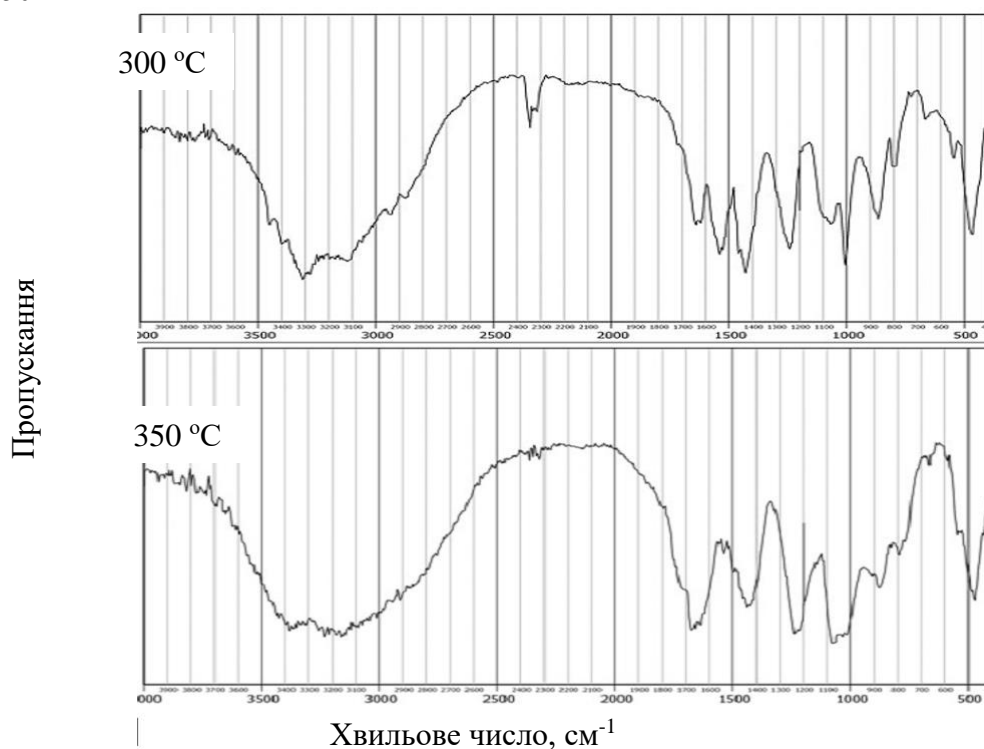


Рис. 2. ІЧ-спектри коксових залишків інтумесцентних систем при різних температурах: система АРР/МА/РЕ при співвідношенні 3:1:1 (за мас.)

Одним із пояснень появи нових смуг поглинання є гіпотеза, що меламін при високих температурах реагує з альдегідами або їх окисленими похідними, утворюючи відповідні іміди (аміди) з піком поглинання – C=N- (1610 см⁻¹). У свою чергу, продукти полімеризації формальдегіду з меламіном, утворення яких у системі узгоджується з даними ІЧ-спектрів, є відомими компонентами систем, що спучуються. Вони можуть бути основою теплоізолюючого коксового шару, а при розкладанні служити джерелами негорючих газів.

Висновки. Досліджено вплив структури поліолів на процеси побудови теплоізоляційного коксового шару інтумесцентної системи донор кислоти/поліол та на прогнозування вогнезахисної ефективності цієї системи в умовах високих температур.

Доведено, що в умовах теплового удару ефективність вогнезахисту в більшій мірі залежить від реакційної нуклеофільної здатності поліолу по відношенню до ненасиченого атому фосфору фосфорної кислоти, а не від його термостабільності. Встановлено, що найбільш ефективними карбонізуючими агентами незалежно від структури донору кислоти є пентаеритрит, дипентаеритрит, крохмаль, декстрин, ксиліт та сорбіт. При цьому пентаеритрит може вважатися універсальним джерелом вуглецевого каркасу для інтумесцентного вогнезахисту.

Для підвищення вогнезахисної ефективності інтумесцентних систем донор кислоти/поліол/амін доцільним може бути вивчення впливу комбінації поліолів, які розрізняються за температурами деструкції та нуклеофільністю. Такий підхід до складання рецептур вогнезахисних покриттів може значно знизити швидкість реакції етерифікації та подовжити у часі стабілізаційну ділянку максимального спучення системи до моменту активної фази терморозкладання захисного коксового шару.

References

Література

1. Indeitsev, D. A., Semenov, B. N., Skubov, D. Yu., Vavilov, D. S. (2018). Structural transformations of the material under dynamic loading. *Adv. Struct. Mater.*, 87: 185–195.
1. Indeitsev D. A., Semenov B. N., Skubov D. Yu., Vavilov D. S. Structural transformations of the material under dynamic loadin. *Adv. Struct. Mater.* 2018. Vol. 87. P. 185–195.
2. Rasha, I. K., Pertseva, O. N., Lazareva, A. Yu., Martynov, G. V. (2017). Computational modeling of random stress distribution for wooden structures. *Civ. Eng. J.*, 69(1): 23–33.
2. Rasha I. K., Pertseva O. N., Lazareva A. Yu., Martynov G. V. Computational modeling of random stressdistribution for wooden structures. *Civ. Eng. J.* 2017. Vol. 69 (1). P. 23–33.
3. Al Ali, M., Bajzecerova, V., Kvocak, V. (2017). Design methods of timber-concrete composite ceiling structure. *Mag. Civ. Eng.*, 5: 88–95.
3. Al Ali M., Bajzecerova V., Kvocak V. Design methods of timber-concrete composite ceiling structure. *Mag. Civ. Eng.* 2017. Vol. 5. P. 88–95.
4. Apostolopoulos, S., Drakakaki, A., Apostolopoulos, A., Matikas, T. E., Rudskoi, A. I., Kodzhaspirov, G. E. (2017). Characteristic defects – corrosion damage and mechanical behavior of two-phase reinforcement. *Mater. Phys. Mech.*, 30(1), 1–19.
4. Apostolopoulos S., Drakakaki A., Apostolopoulos A., Matikas T. E., Rudskoi A. I., Kodzhaspirov G. E. Characteristic defects – corrosion damage and mechanical behavior of two-phase reinforcement. *Mater. Phys. Mech.* 2017. Vol. 30 (1). P. 1–19.
5. Anees, S. M., Dasari, A. (2018). A review on the environmental durability of intumescent coatings for steels. *Journal of Materials Science*, 53(1): 124–145.
5. Anees S. M., Dasari A. A review on the environmental durability of intumescent coatings for steels. *Journal of Materials Science*. 2018. Vol. 53 (1). P. 124–145.
6. Yasir, M., Ahmad, F., Yusoff, P. S. M. M., Ullah, S., Jimenez, M. (2019). Latest trends for structural steel protection by using intumescent fire protective coatings: a review. *Surface Engineering*, 36 (4): 334–363.
6. Yasir M., Ahmad F., Yusoff P. S. M. M., Ullah S., Jimenez M. Latest trends for structural steel protection by using intumescent fire protective coatings: a review. *Surface Engineering*. 2019. № 36 (4). P. 334–363.
7. Mariappan, T. (2016). Recent developments of intumescent fire protection coatings for structural steel: A review. *Journal of Fire Sciences*, 34(2): 120–163.
7. Mariappan T. Recent developments of intumescent fire protection coatings for structural steel: A review. *Journal of Fire Sciences*. 2016. № 34 (2). P. 120–163.
8. Vakhitova, L. N. (2019). Fire retardant nanocoating for wood protection. In: *Nanotechnology in Eco-efficient Construction*, P. 361–391.
8. Vakhitova L. N. Fire retardant nanocoating for wood protection. In: *Nanotechnology in Eco-efficient Construction*. 2019. P. 361–391.
9. Zybina, O., Gravit, M. (2020). Intumescent Coatings for Fire Protection of Building Structures and Materials. Springer Series on Polymer and Composite Materials.
9. Zybina O., Gravit M. Intumescent Coatings for Fire Protection of Building Structures and Materials. Springer Series on Polymer and

216 p. doi:10.1007/978-3-030-59422-0. URL: <http://www.springer.com/series/13173>.

10. Nenakhov, S. A., Pimenova, V. P. (2010). Fiziko-khimiia vspenivaiushchikhsia ognезashchitnykh pokrytii na osnove polifosfata ammoniia [Physicochemistry of foaming fire retardant coatings based on ammonium polyphosphate]. *Pozharovzryvobezopasnost = Fire and explosion safety*, Vol. 19, № 8, P. 11–58 [in Russian].

11. Puri, R. G., Khanna, A. S., Ravindra, G. (2017). Intumescent coatings: a review on recent progress. *J. Coat. Technol. Res.*, 14(1): 1–20.

12. Patent 20140005298 US, МПК C09D5/185, C09K21/10. Composition for an intumescent fire protection coating, fire protection coating, its use and manufacturing process for an intumescent fire protection coating. Thewes V. (DE), Hensel R. (DE), patent holder Thewes V. (DE). № US201113695521A; statement 17.03.2011; publ. 02.01.2014. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent>.

13. Vakhitova, L., Drizhd, V., Taran, N., Kalafat, K., Bessarabov, V. (2016). The effect of organoclays on the fire-proof efficiency of intumescent coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologie*, 6(10): 10–16.

14. Kalafat, K., Taran, N., Plavan, V., Bessarabov, V., Zagoriy, G., Vakhitova, L. (2020). Comparison of fire resistance of polymers in intumescent coatings for steel structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (106)): 45–54.

15. Vakhitova, L. M., Kalafat, K. V., Lapushkin, M. P. (2007). Vohnezakhysna efektyvnist intumestsentnykh system. Sumisna diia karbonizuiuchoi spoluky ta donora kysloty [Fire protection efficiency of intumescent systems. Combined action of carbonizing compound and acid donor]. *Khim. prom. Ukrainy = Chemical Industry of Ukraine*, No. 5, P. 41–46 [in Ukrainian].

Composite Materials, 2020. 216 p. doi:10.1007/978-3-030-59422-0. URL: <http://www.springer.com/series/13173>.

10. Ненахов С. А., Пименова В. П. Физико-химия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония. *Пожаровзрывобезопасность*. 2010. Т. 19, № 8. С. 11–58.

11. Puri R. G., Khanna A. S., Ravindra G. Intumescent coatings: a review on recent progress. *J. Coat. Technol. Res.* 2017. Vol. 14 (1). P. 1–20.

12. Patent 20140005298 US, МПК C09D5/185, C09K21/10. Composition for an intumescent fire protection coating, fire protection coating, its use and manufacturing process for an intumescent fire protection coating. Thewes V. (DE), Hensel R. (DE), patent holder Thewes V. (DE). № US201113695521A; statement 17.03.2011; publ. 02.01.2014. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent>.

13. Vakhitova L., Drizhd V., Taran N., Kalafat K., Bessarabov V. The effect of organoclays on the fire-proof efficiency of intumescent coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologie*. 2016. Vol. 6 (10). P. 10–16.

14. Kalafat K., Taran N., Plavan V., Bessarabov V., Zagoriy G., Vakhitova L. Comparison of fire resistance of polymers in intumescent coatings for steel structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 10 (106). P. 45–54.

15. Вахітова Л. М., Калафат К. В., Лапушкін М. П. Вогнезахисна ефективність інтумесцентних систем. Сумісна дія карбонізуючої сполуки та донора кислоти. *Хім. пром. України*. 2007. № 5. С. 41–46.

VAKHITOVA LIUBOV

Department of Nucleophilic Reactions Research
L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic and Coal
Chemistry of the National Academy of Sciences of
Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1923-7895>
Scopus Author ID: 8443383300
Researcher ID: J-9402-2016;
E-mail: L.M.Vakhitova@nas.gov.ua

TARAN NADIYA

Department of Nucleophilic Reactions Research
L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic and Coal
Chemistry of the National Academy of Sciences of
Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1043-5596>
Scopus Author ID: 15119449100
E-mail: N.A.Taran@nas.gov.ua

KALAFAT KONSTANTIN

Department of nucleophilic reactions research
L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic and Coal
Chemistry of the National Academy of Sciences of
Ukraine, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6165-0005>
Scopus Author ID: 5719302971
E-mail: kalafat@nas.gov.ua

BESSARABOV VOLODYMYR

Department of Industrial Pharmacy
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0637-1729>
Scopus Author ID: 36917184700
Researcher ID: D-3425-2017;
E-mail: y.bessarabov@kivipharma.eu

¹ВАХИТОВА Л. М., ¹КАЛАФАТ К. В., ¹ТАРАН Н. А., ²БЕССАРАБОВ В. И.

¹Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко
НАН Украины, Киев, Украина

²Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина

**СРАВНЕНИЕ ПОЛИОЛОВ КАК КАРБЕНИЗИРУЮЩИХ АГЕНТОВ
ОГНЕЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ИНТУМЕСЦЕНТНОГО ТИПА**

Цель. Исследование влияния структуры карбенизирующего агента на процессы построения теплоизоляционного коксового слоя интумесцентной системы донор кислоты/полиол и на огнезащитную эффективность системы в условиях высоких температур.

Методика. В качестве модельной интумесцентной системы выбрана огнезащитная смесь донор кислоты (фосфаты аммония, карбамида, меламина)/полиол. В качестве полимерной составляющей использовали дисперсию сополимера винилацетата с этиленом. В исследовании применено изучение характеристик коксового слоя интумесцентной композиции при определенной температуре. Как основные оценочные параметры огнезащитного эффекта предлагаются объемный коэффициент вспучивания (K , см³/г), масса коксового остатка (m , %), структура и плотность коксового слоя. Для идентификации продуктов термоллиза интумесцентных систем использован метод ИК-спектроскопии. Определение огнезащитной эффективности интумесцентных покрытий проводили в мини-печи в условиях стандартного пожара.

Результаты. Исследовано влияние структуры полиолов на процессы построения теплоизоляционного коксового слоя интумесцентной системы донор кислоты/полиол и прогнозирование огнезащитной эффективности этой системы в условиях высоких температур. Доказано, что в условиях теплового удара эффективность огнезащиты в большей степени зависит от нуклеофильной реакционной способности полиола по отношению к ненасыщенному атому фосфора донора кислоты, а не от его термостабильности. Установлено, что наиболее эффективными карбенизирующими агентами независимо от структуры донора кислоты являются пентаэритрит, дипентаэритрит, крахмал, декстрин, ксилит и сорбит. Методом ИК-спектроскопии доказано, что при высоких температурах в результате разложения пентаэритрита одним из продуктов реакции являются альдегиды, взаимодействующие с пентаэритритом с образованием олигомерных соединений с простой эфирной связью

S–O–S. При этом пентаэритрит может считаться универсальным источником углеродного каркаса для интумесцентной огнезащиты независимо от используемой структуры фосфата.

Научная новизна. Показано, что важным фактором повышения огнезащитной эффективности интумесцентных систем является использование полиолов с повышенной нуклеофильностью в этерификации между полиолом и фосфорной кислотой.

Практическая значимость. Определены оптимальные полиолы как карбенизирующие агенты для разработки рецептур интумесцентных покрытий с повышенными огнезащитными свойствами.

Ключевые слова: огнезащита; интумесцентная система; полифосфат аммония; меламина; пентаэритрит; амин; полиол.

¹VAKHITOVA L. M., ¹KALAFAT K. V., ¹TARAN N. A., ²BESSARABOV V. I.

¹L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic and Coal Chemistry
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

COMPARISON OF POLYOLS AS CARBONIZING AGENTS OF FLAME RETARDANT INTUMESCENT TYPE COMPOSITIONS

Purpose. To study the influence of the carbonizing agent structure on the formation of thermal insulating char layer of intumescent system acid donor/polyol and on the fire protection efficiency of the system at high temperatures.

Methodology. A fire retardant mixture of an acid donor (phosphates ammonium, urea, melamine)/polyol was chosen as a model intumescent system. Dispersion of vinyl acetate copolymer with ethylene was used as a polymeric component. The study applied the characteristics of the char layer of the intumescent composition at a certain temperature. The volumetric intumescent coefficient (K , cm^3/g), mass of char residue (m , %), structure and density of the char layer are proposed as the main estimated parameters of flame retardant effect. IR spectroscopy was used to identify products of thermolysis of intumescent systems. Determination of fire protection efficiency of intumescent coatings was carried out in a mini-oven under standard fire conditions.

Findings. The influence of polyol structure on the formation of thermal insulating char layer of intumescent acid donor/polyol system and the prediction of fire protection efficiency of this system under high temperature conditions has been investigated. It has been shown that under conditions of thermal shock the fire protection efficiency is more dependent on the nucleophilic reactivity of the polyol towards the unsaturated phosphorus atom of the acid donor than on its thermal stability. It has been found that pentaerythritol, dipentaerythritol, starch, dextrin, xylitol and sorbitol are the most effective carbonizing agents, regardless of the structure of the acid donor. It has been proved by infrared spectroscopy that at high temperatures as a result of the decomposition of pentaerythritol one of the reaction products is the aldehydes interacting with pentaerythritol with the formation of oligomeric compounds with a simple ether bond C-O-C. At the same time, pentaerythritol can be considered as a universal source of carbon framework for intumescent flame retardants regardless of the phosphate structure used.

Originality. It has been shown that an important factor to increase the fire protection efficiency of intumescent systems is the use of polyols with an increased nucleophilicity in the esterification between polyol and phosphoric acid.

Practical value. The optimal polyols as carbonizing agents for formulation of intumescent coatings with enhanced fire protection properties have been determined.

Keywords: flame retardant; intumescent system; ammonium polyphosphate; melamine; pentaerythritol; amine; polyol.

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.6.4>

УДК 004.932.2

НОВАК Д. С., МАРИНЯКА К. А.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ОДНОРІДНОСТІ РОЗПОДІЛУ НАПОВНЮВАЧА В ПОЛІМЕРНІЙ МАТРИЦІ

Мета. Створення програмного забезпечення для оцінювання однорідності розподілу наповнювача в поліетиленовій матриці.

Методика. Розроблення програмного забезпечення проводили з використанням мови програмування Python та бібліотек: PIL, Numpy, Matplotlib, Xlsxwriter. Визначали придатність розробленого програмного забезпечення до застосування шляхом проведення його верифікації. Під час цієї верифікації оцінюванню підлягали поліетиленові композиції, наповнені колоїдним графітом у вигляді пресованих плівок. Для одержання цих композицій було обрано поліетилен марки P6006AD та колоїдний графіт марки С-1. Зразки поліетиленових композицій отримували у дві стадії: 1) отримання стренги методом екструзії; 2) додаткове змішування композиції на дисковому змішувачі та пресування готових композицій у плівку.

Результати. Розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє проводити оцінювання однорідності розподілу наповнювача в поліетиленовій матриці. Із його застосуванням встановлено дані щодо залежності коефіцієнта неоднорідності поліетиленових композицій від вмісту колоїдного графіту, за якої збільшення вмісту наповнювача призводить до зменшення цієї неоднорідності. Показано, що такий вплив можна пояснити структуруванням наповнювача в поліетиленовій матриці. Незважаючи на утворення агрегатів у поліетиленових композиціях, значна кількість дрібних колоїдних частинок графіту знаходиться між агрегатним простором. Це призводить до певного вирівнювання концентрації у плівці та знижує її неоднорідність.

Наукова новизна. Визначено вплив вмісту колоїдного графіту на однорідність поліетиленових композицій. Показано, що з підвищенням вмісту графіту від 0 до 20% об. коефіцієнт неоднорідності композиції зменшується від 5,3% до 3,9%, що обумовлене структуруванням наповнювача в поліетиленовій матриці.

Практична значимість. Розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє оцінювати однорідність розподілу частинок наповнювача в полімерній матриці і може бути використане для дослідження якості змішування полімерних композиційних матеріалів.

Ключові слова: поліетилен; колоїдний графіт; композиції; коефіцієнт неоднорідності.

Вступ. Композиційні полімерні матеріали мають широкий спектр практичних застосувань, доступних завдяки великому вибору поєднань різних типів полімерів і наповнювачів, а також ефективних способів отримання і переробки композитів. Останнім часом відзначається зростання інтересу до розробки і дослідженню композиційних матеріалів з однорідним розподілом наповнювачів в полімерній матриці [1].

На теперішній час великий інтерес, як для наукових досліджень, так і для практичних застосувань, представляють електропровідні полімерні композити, що містять мікро- і нанорозмірні вуглецеві наповнювачі різних типів (вуглецеві нанотрубки (ВНТ), графен, вуглецеві волокна (ВВ), високодисперсний графіт (ВГ), технічний вуглець (ТВ), наноалмази (НА), колоїдний графіт (КГ)). Використовуючи вуглецеві наночастинки певного типу в заданих кількостях, за рахунок їх специфічних геометрії і характеристик можна отримати композиційний матеріал з бажаним набором експлуатаційних характеристик [2].

Для оцінювання однорідності розподілу частинок наповнювача в композиційних матеріалах можна використовувати метод сегментації (поділ зображення на області, для яких виконується певний критерій однорідності, наприклад, виділення на зображенні областей приблизно однакової яскравості або відношення кількості пікселів). Поняття області

зображення використовується для визначення пов'язаної групи елементів зображення, що мають певні загальні ознаки (властивості) [3].

Сегментація нетривіальних зображень є одним з найскладніших завдань цифрової обробки зображень. Дуже часто кінцевий результат комп'ютерного аналізу зображень залежить від точності сегментації, тому значну увагу має приділятися підвищенню надійності алгоритму сегментації [4].

Один з основних і найбільш простих способів – це побудова сегментації за допомогою порогу. Порог – це ознака (властивість), яка допомагає розділити шуканий сигнал на класи. Операція порогового поділу базується на зіставленні значення яскравості кожного пікселя зображення з заданим значенням порога. Вибір відповідного значення порогової величини дає можливість виділення на зображенні областей певного виду.

Операція порогового поділу, яка в результаті дає бінарне зображення, називається бінаризація. Метою операції бінаризації є радикальне зменшення кількості інформації, що міститься на зображенні. В процесі бінаризації вихідне півтонове зображення, що має певну кількість рівнів яскравості, перетворюється в чорно-біле зображення, пікселі якого мають тільки два значення – 0 і 1. Оскільки кількість інформації в бінарному зображенні майже на порядок менше ніж у напівтоновому зображенні, то бінарне зображення легше обробляти, зберігати та пересилати [5].

Відсутність програмної реалізації зазначеного вище метода оцінювання однорідності розподілу частинок наповнювача в композиційних матеріалах стримує його широке застосування на практиці, що обумовлює актуальність дослідження, яке висвітлено в цій статті.

Постановка завдання. Мета роботи – створення програмного забезпечення для оцінювання однорідності розподілу наповнювача в поліетиленовій матриці. Для досягнення цієї мети необхідно було провести аналіз джерел інформації для вибору відповідної мови програмування, розробити функції для конвертування вхідних даних у бінарне зображення, кластеризації бінарних зображень і розрахунку коефіцієнту неоднорідності розподілу частинок наповнювача в полімерній матриці та визначити придатність розробленого програмного забезпечення до застосування шляхом проведення його верифікації.

Результати дослідження. Для розроблення програмного забезпечення, призначеного для оцінювання однорідності розподілу наповнювача в поліетиленовій матриці, використовували мову програмування Python та бібліотеки: PIL, Numpy, Matplotlib, Xlsxwriter.

Функції для розрахунку стандартного відхилення концентрації частинок у кластерах (std), середньої концентрації частинок (avg) наповнювача в поліетиленовій матриці та коефіцієнту неоднорідності (mixingIndex) наведено на рис. 1.

```
def std(block):  
    a = []  
    for i in block:  
        a.append(1 - np.mean(i, dtype=np.float64))  
    return (np.std(a))  
  
def avg(block):  
    a = []  
    for i in block:  
        a.append(1 - np.mean(i, dtype=np.float64))  
    return (sum(a)/len(a))  
  
def mixingIndex(s, p):  
    return ((s/p)*100)
```

Рис. 1. Функції для розрахунку коефіцієнту неоднорідності

За допомогою модуля Image бібліотеки PIL та методу convert отримані з оптичного мікроскопа зображення конвертують в бінарні (рис. 2).

```
def imageToBMP(file, num):  
    img = Image.open(file)  
    bw = img.convert(mode="1", dither=Image.NONE)  
    return bw.save("%s.bmp" % num)
```

Рис. 2. Функція для конвертування зображень у бінарні

Отримані мікрофотографії конвертують у масив даних за допомогою функції loadImage з використанням бібліотеки numpy та методу asarray. Після конвертації відбувається процес розділення масиву даних на під масиви, розмір яких задають за допомогою функції blockImage. Вищезазначені функції наведені на рис. 3.

```
def loadImage(file):  
    img = Image.open(file)  
    img.load()  
    return np.asarray(img)  
  
def blockImage(data, rows, cols):  
    h, w = data.shape  
    rows, cols = int(h / rows), int(w / cols)  
    assert h % rows == 0, "{} rows is not evenly divisible by {}".format(h, rows)  
    assert w % cols == 0, "{} cols is not evenly divisible by {}".format(w, cols)  
    return (data.reshape(h // rows, rows, -1, cols)  
            .swapaxes(1, 2)  
            .reshape(-1, rows, cols))
```

Рис. 3. Функції для конвертування бінарних зображень у масив даних

Для визначення придатності розробленого програмного забезпечення до застосування шляхом проведення його верифікації оцінюванню однорідності підлягали поліетиленові композиції, наповнені колоїдним графітом у вигляді пресованих плівок.

Для отримання цих композитів як полімерна основа було обрано поліетилен високої щільності (ПЕВЩ) чорного кольору (класифікований як PE112), спеціально розроблений для напірних труб Р6006AD зі значенням показника текучості розплаву (ПТР) 0,23 г/10 хв при температурі 190°C, з використанням навантаження 5 кг і вмістом ТВ 2,25%. Для підвищення електропровідності використано КГ марки С-1 з частинками до 4 мкм. Це високодисперсний, малозольний (1,5% – 2,5%) і сухий (вологість до 0,5%) штучний графіт.

Отримання композицій здійснювали за допомогою лабораторного екструдера за температури ~ 210°C. Використання екструзійного обладнання дозволило забезпечити більш рівномірний розподіл компонентів композиції в ПЕВЩ матриці. Для покращення рівномірності розподілу наповнювача в ПЕВЩ композиції використовували лабораторний дисковий змішувач. Після перемішування компонентів, їх поміщали у нагріту прес-форму. Форму з композиційною сумішшю встановлювали в термокамеру для нагрівання та переходу композиції в високопластичний стан. Після термостатування в камері нагрівання протягом (12–15) хв за температури ~ 195°C, композицію пресували під тиском 22 МПа за допомогою лабораторного преса [6]. Рецептний склад досліджуваних композицій наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Рецептурний склад ПЕВЩ композицій

№ композиції	Склад композиції, % об.
1	ПЕВЩ – 90; КГ – 10
2	ПЕВЩ – 85; КГ – 15
3	ПЕВЩ – 80; КГ – 20

Для оцінювання рівномірного розподілу частинок різних типів наповнювачів у плівках використовували кластерний метод аналізу зображень [7] для подальшого статистичного аналізу даних. Для цього методу мікрофотографії плівок умовно поділяли на задану кількість ділянок і визначали концентрацію дисперсної фази в кожному кластері. Рівномірність розподілу частинок у плівках оцінювали за коефіцієнтом неоднорідності (Кп), який є відношенням стандартного відхилення концентрації частинок у кластерах (S) до їх середньої концентрації в зразку (Pm):

$$K_p = (S / P_m) \times 100\%.$$

На рис. 4 показані бінарні мікрофотографії композиційних ПЕНЩ плівок, що містять до 20 об. % наповнювача.

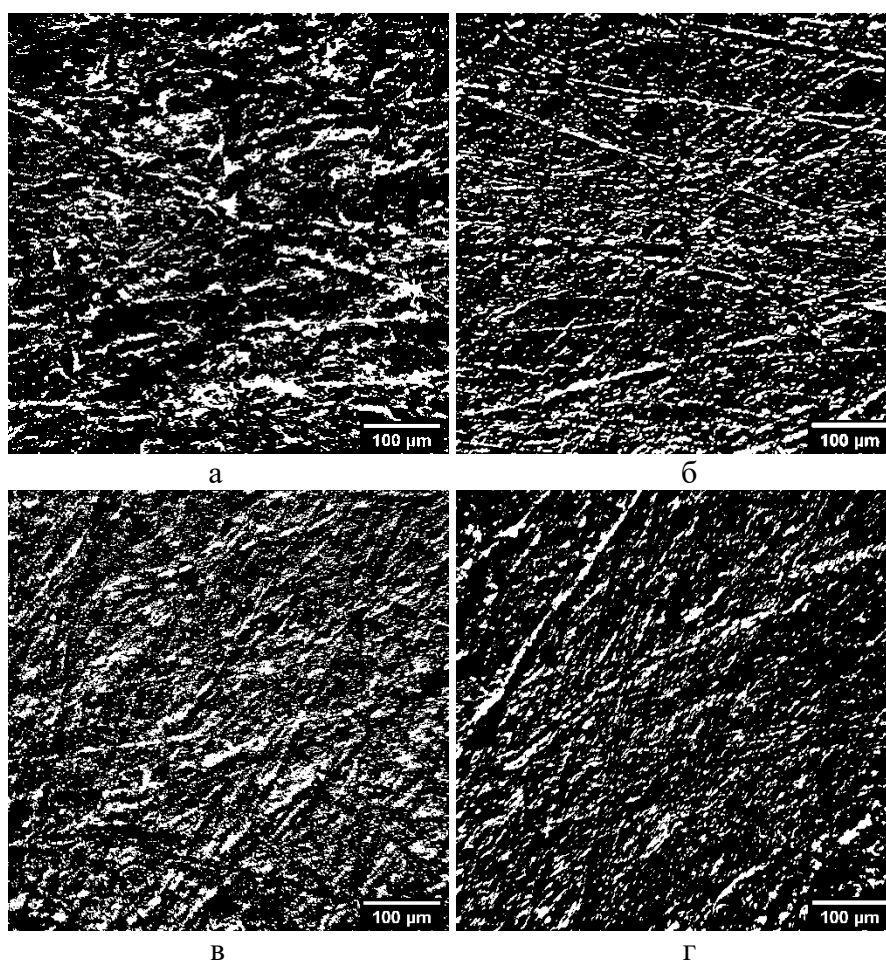


Рис. 4. Мікроскопічні зображення композитних плівок на основі ПЕВЩ, що містять КГ в якості наповнювача: а) 0 об. %; б) 10 об. %; в) 15 об. %; г) 20 об. %

З отриманих мікрофотографій видно, що морфологія плівок і розподіл наповнювача значною мірою залежить від його концентрації. Зразки характеризуються видимою агрегацією частинок наповнювача. Це може бути результатом слабкої взаємодії ПЕНЦ з частинками наповнювача. Попереднє дослідження структури наповнених ПЕ плівок показало, що в процесі формування може відбуватися агрегація наповнювача та його міграція до поверхні плівки [8].

Результати оцінювання рівномірності розподілу частинок наповнювача в ПЕВЦ композитних плівках наведені на рис. 5. Композиція ПЕ без КГ характеризується найбільшою неоднорідністю розподілу частинок ($K_n \approx 5,2\%$). Неоднорідність ПЕ композиційних плівок, що містять 10 об. % наповнювача, вище ніж для ПЕ композиційних плівок, що містять 15 і 20 об. % наповнювача, але нижче ніж для поліетиленової композиції без КГ. Порівняння даних показує, що плівки, що містять 20 об. % КГ ($K_n \approx 3,9\%$) характеризуються найвищою однорідністю. Нижнє значення K_n для ПЕ композицій, наповнених КГ від 10 до 20 об. %, можна пояснити структуруванням наповнювача в полімерній матриці. Незважаючи на утворення агрегатів у ПЕ плівках, між агрегатними просторами розташовується значна кількість дрібних частинок КГ. Це призводить до певного вирівнювання концентрації в плівці та знижує її неоднорідність [9].

Слід відмітити, що завдяки хорошим електричним характеристикам досліджувані композиції можуть використовуватися, як електропровідні покриття скляних електронно-променевих трубок і магнітних стрічок для запису, для контактів і резисторів в радіотехніці [10].

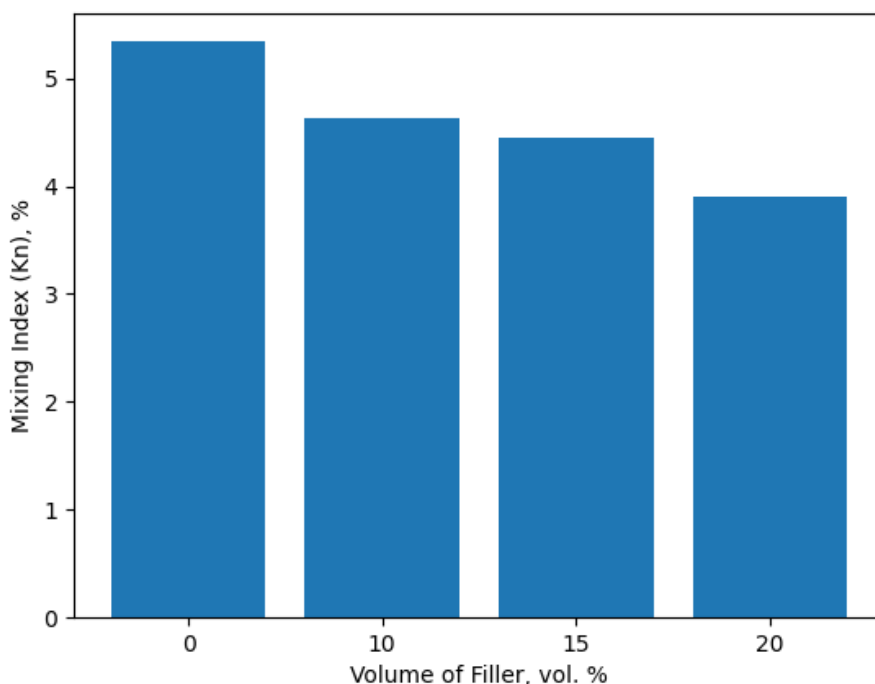


Рис. 5. Гістограма коефіцієнта неоднорідності (K_n) ПЕНЦ композицій від вмісту КГ

Наведені вище результати оцінювання однорідності поліетиленових композицій, наповнених колоїдним графітом у вигляді пресованих плівок, було отримано із застосуванням розробленого програмного забезпечення. Ці результати порівнювали з даними, отриманими за тим же методом оцінювання однорідності без використання комп'ютерної автоматизації. Результати цього порівняння свідчать про придатність створеного програмного забезпечення оцінювання однорідності до практичного застосування.

Висновки. Розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє оцінювати однорідність розподілу частинок наповнювача в полімерній матриці і може бути використане для дослідження якості змішування полімерних композиційних матеріалів. Результати його верифікації свідчать про придатність створеного програмного забезпечення до практичного застосування. Із застосуванням розробленого програмного забезпечення визначено вплив вмісту колоїдного графіту на однорідність поліетиленових композицій. Показано, що з підвищенням вмісту графіту від 0 до 20 % об. коефіцієнт неоднорідності композиції зменшується від 5,3% до 3,9%, що обумовлене структуруванням наповнювача в поліетиленовій матриці.

References

1. Huang, Y., Kormakov, S., He, X., Gao, X., Zheng, X., Liu, Y., Sun, J., Wu, D. (2019). Conductive polymer composites from renewable resources: an overview of preparation, properties, and applications. *Polymers*, 11(2): 187. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym11020187>.
2. Szeluga, U., Kumanek, B., Trzebicka, B. (2015). Synergy in hybrid polymer/nanocarbon composites. A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 73: 204–231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.02.021>.
3. Yakaboylu, G. A., Sabolsky, E. M. (2017). Determination of a homogeneity factor for composite materials by a microstructural image analysis method. *Journal of Microscopy*, 266(3): 263–272. DOI: <https://doi.org/10.1111/jmi.12536>.
4. Krygier, M. C., LaBonte, T., Martinez, C., Norris, C., Sharma, K., Collins, L. N., Mukherjee, P. P., Roberts, S. A. (2021). Quantifying the unknown impact of segmentation uncertainty on image-based simulations. *Nature communications*, 12(1): 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25493-8>.
5. Сегментация изображений [Image segmentation]. *Habrahabr: website*. URL: <https://habr.com/ru/post/128768/> [in Ukrainian].
6. Novak, D., Plavan, V., Bereznenko, N. (2019). Copper plated graphite, carbon nanotubes and polyaniline effect on the properties of electroconductive polyethylene compositions. *Materials Today: Proceedings*, 6(2): 293–298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.10.107>.
7. Hill, T., Lewicki, P. (2006). Statistics: methods and applications: a comprehensive reference for science, industry, and data mining. StatSoft Inc. P. 832.

Література

1. Huang Y., Kormakov S., He X., Gao X., Zheng X., Liu Y., Sun J., Wu D. Conductive polymer composites from renewable resources: an overview of preparation, properties, and applications. *Polymers*. 2019. Vol. 11 (2). P. 187. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym11020187>.
2. Szeluga U., Kumanek B., Trzebicka B. Synergy in hybrid polymer/nanocarbon composites. A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2015. Vol. 73. P. 204–231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.02.021>.
3. Yakaboylu G. A., Sabolsky E. M. Determination of a homogeneity factor for composite materials by a microstructural image analysis method. *Journal of Microscopy*. 2017. Vol. 266 (3). P. 263–272. DOI: <https://doi.org/10.1111/jmi.12536>.
4. Krygier M. C., LaBonte T., Martinez C., Norris C., Sharma K., Collins L. N., Mukherjee P. P., Roberts S. A. Quantifying the unknown impact of segmentation uncertainty on image-based simulations. *Nature communications*. 2021. Vol. 12 (1). P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25493-8>.
5. Сегментация изображений. *Хабрахабр: веб-сайт*. URL: <https://habr.com/ru/post/128768/>
6. Novak D., Plavan V., Bereznenko N. Copper plated graphite, carbon nanotubes and polyaniline effect on the properties of electroconductive polyethylene compositions. *Materials Today: Proceedings*. 2019. Vol. 6, Part 2. P. 293–298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.10.107>.
7. Hill T., Lewicki P. Statistics: methods and applications: a comprehensive reference for science, industry, and data mining. StatSoft Inc., 2006. P. 832.

8. McNally, T. (2011). Polymer-carbon nanotube composites: preparation, properties and applications. Oxford: Woodhead. P. 848.

9. Budash, Y., Novak, D., Plavan, V. (2016). Structural and Morphological Characteristics of Polyethylene Composites with Different Conductive Fillers. *Materiale Plastice*, 53(4): 693–698.

10. Mohd Radzuan, N. A., Sulong, A. B., Sahari, J. (2017). A review of electrical conductivity models for conductive polymer composite. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42 (14): 9262–9273. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.03.045>.

8. McNally T. Polymer-carbon nanotube composites: preparation, properties and applications. Oxford: Woodhead, 2011. P. 848.

9. Budash Y., Novak D., Plavan V. Structural and Morphological Characteristics of Polyethylene Composites with Different Conductive Fillers. *Materiale Plastice*. 2016. Vol. 53, Iss. 4. P. 693–698.

10. Mohd Radzuan N. A., Sulong A. B., Sahari J. A review of electrical conductivity models for conductive polymer composite. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2017. Vol. 42 (14). P. 9262–9273. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.03.045>.

NOVAK DMITRIY

*Candidate of Technical Sciences, Professor
Department of Applied Ecology, Technology
of Polymers and Chemical Fiber,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine*

<http://orcid.org/0000-0002-1796-8857>

Scopus Author ID: 57191836492

Researcher ID: S-6598-2016

E-mail: novak.knutd@gmail.com

MARYNIAKA KATERYNA

*Student, Department of Applied Ecology,
Technology of Polymers and Chemical Fiber,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine*

НОВАК Д. С., МАРИНЯКА К. А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ОДНОРОДНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПОЛНИТЕЛЯ
В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ**

Цель. Создание программного обеспечения для оценки однородности распределения наполнителя в полиэтиленовой матрице.

Методика Разработка программного обеспечения проводилась с использованием языка программирования Python и библиотек: PIL, NumPy, Matplotlib, Xlsxwriter. Определяли пригодность разработанного программного обеспечения к применению путем его верификации. Во время этой верификации оценке подлежали полиэтиленовые композиции, наполненные коллоидным графитом в виде прессованных пленок. Для получения этих композиций были выбраны полиэтилен марки P6006AD и коллоидный графит марки С-1. Образцы полиэтиленовых композиций получали в две стадии: 1) получение стренги методом экструзии; 2) дополнительное смешивание композиции на дисковом смесителе и прессование готовых композиций в пленку.

Результаты. Разработано программное обеспечение, позволяющее проводить оценку однородности распределения наполнителя в полиэтиленовой матрице. С его применением установлены данные о зависимости коэффициента неоднородности полиэтиленовых композиций от содержания коллоидного графита, при которой увеличение содержания наполнителя приводит к уменьшению этой неоднородности. Показано, что такое влияние можно объяснить структурированием наполнителя в полиэтиленовой матрице. Несмотря на образование агрегатов в полиэтиленовых композициях, значительное количество мелких коллоидных частиц графита находится между агрегатным пространством. Это приводит к определенному выравниванию концентрации в пленке и снижает ее неоднородность.

Научная новизна. Определено влияние содержания коллоидного графита на однородность полиэтиленовых композиций. Показано, что с повышением содержания графита от 0 до 20% об.

коэффициент неоднородности композиции уменьшается от 5,3% до 3,9%, что обусловлено структурированием наполнителя в полиэтиленовой матрице.

Практическая значимость. Разработано программное обеспечение, позволяющее оценивать однородность распределения частиц наполнителя в полимерной матрице, и может быть использовано для исследования качества смешивания полимерных композиционных материалов.

Ключевые слова: полиэтилен; коллоидный графит; композиции; коэффициент неоднородности.

NOVAK D. S., MARYNIAKA K. A.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR EVALUATION OF UNIFORMITY OF FILLER DISTRIBUTION IN A POLYMER MATRIX

Purpose. Creation of software for evaluating the uniformity of distribution of the filler in a polyethylene matrix.

Methodology. Software development was carried out using the Python programming language and libraries: PIL, Numpy, Matplotlib, Xlsxwriter. The suitability of the developed software for use was determined by verifying it. During this verification, polyethylene compositions filled with colloidal graphite in the form of compressed films were evaluated. To obtain these compositions, we chose P6006AD grade polyethylene and C-1 colloidal graphite. Samples of polyethylene compositions were obtained in two stages: 1) obtaining a strand by extrusion; 2) additional mixing of the composition on a disc mixer and pressing the obtained compositions into a film.

Findings. The software has been developed to assess the uniformity of the distribution of the filler in the polyethylene matrix. The data were established on the dependence of the coefficient of heterogeneity of polyethylene compositions on the content of colloidal graphite with use of the developed software. The increase in the content of the filler leads to a decrease in its heterogeneity. It is shown that this effect can be explained by the structuring of the filler in the polyethylene matrix. Despite the formation of aggregates in polyethylene compositions, a significant amount of small colloidal particles of graphite is located between the aggregate space. This leads to a certain leveling of the concentration in the film and reduces its inhomogeneity.

Scientific novelty. The influence of the content of colloidal graphite on the homogeneity of polyethylene compositions is determined. It is shown that with an increase in the graphite content from 0 to 20% vol. the coefficient of heterogeneity of the composition decreases from 5.3% to 3.9%, which is due to the structuring of the filler in the polyethylene matrix.

Practical value. Software that makes it possible to evaluate the uniformity of the distribution of filler particles in a polymer matrix, and can be used to study the quality of mixing of polymer composite materials has been developed.

Keywords: polyethylene; colloidal graphite; compositions; coefficient of heterogeneity.

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ЩОДО ПОДАННЯ РУКОПISУ СТАТЕЙ наукового фахового видання «Технології та інжиніринг» (Technologies and Engineering)

Редакційна колегія журналу «Технології та інжиніринг» приймає до розгляду наукові статті авторів за матеріалами досліджень і науково-технічних розробок. Подані статті розглядаються редакційною колегією журналу «Технології та інжиніринг», і після отримання позитивної рецензії приймаються до публікації.

ПРАВИЛА ПОДАННЯ РУКОПISІВ СТАТЕЙ

Для публікації автори подають в редакцію журналу:

(ЕТАП 1) Подаються 2 електронних файли рукопису на електронну адресу vistnuk@knu.edu.ua:

– один файл – в текстовому редакторі *Microsoft Word for Windows* (версії 97/2000/XP/2003).

Назва файлів: *Прізвище_statja_ukr.docx* та *Прізвище_statja_ukr.pdf*

В темі листа обов'язково вказується: Стаття у «Технології та інжиніринг».

- Другий файл – сканована копія заяви на перевірку на ознаки академічного плагіату (Додаток 3).

Після отримання електронного примірника рукопису наукової статті, Редакція направляє підтвердження щодо прийняття матеріалів на анонімне рецензування (у разі результату на ознаки академічного плагіату менше 9,99% схожості у Системі "Unicheck"). У разі необхідності Редакція направляє автору (-ам) пропозиції врахувати зауваження при підготовці статті та доопрацювати її.

(ЕТАП 2) Остаточо, після доопрацювання, до Редакції подаються:

1) 1 узгоджений електронний варіант статті (файл – Word формату). Назва файлу: *Прізвище_statja_ukr.docx*;

2) відомості про автора (-ів) (укр., рос. та англ. мовами): ПІБ, вчений ступінь та звання, місце роботи (навчання), посада, місто, телефон, e-mail.

Назва файлу: *Прізвище_vidom.docx*;

3) угоду про публікацію з автором (-ами) статті про авторські права;

4) оригінал платіжного документа, який засвідчує оплату за публікацію. **ОПЛАТА ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ ПІСЛЯ ВНУТРІШНЬОГО РЕЦЕНЗУВАННЯ ТА ПРИЙНЯТТЯ СТАТТІ ДО ДРУКУ.**

Відсутність зазначеного вище, а, також, відсутність підписів авторів або узгоджувачих віз, невідповідність вимогам засобу комунікації, наявність орфографічних, граматичних та стилістичних помилок, нехтування необхідністю дотримання лексичних, граматичних і стилістичних норм мови перекладу – є підставою для відмови в опублікуванні статті.

Датою надходження рукопису статті в редакцію вважається дата надсилання її **кінцевого варіанту**. Номер журналу, в якому публікуються подані матеріали, визначається редакцією журналу. До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Передрук та інше використання публікацій журналу здійснюється тільки за погодженням з редакцією та обов'язковим посиланням на джерело.

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ:

УДК: Times New Roman, кегль – 12 pt, без абзацу, міжрядковий інтервал – 1, вирівнювання по лівому краю, прописними літерами;

ПРІЗВИЩЕ ІМ'Я по-БАТЬКОВІ автора (-ів): Times New Roman, кегль – 12 pt, з абзацним відступом – 0,5 см, міжрядковий інтервал – 1, прописні, вирівнювання по лівому краю;

Назва установи (закладу): Times New Roman, кегль – 11 pt, міжрядковий інтервал – 1, з абзацним відступом – 0,5 см, вирівнювання по лівому краю;

НАЗВА СТАТТІ: Times New Roman, кегль – 12 pt, міжрядковий інтервал – 1, прописні, напівжирні, з абзацним відступом – 0,5 см, вирівнювання по лівому краю.

Порожній рядок.

Анотація до статті **українською** мовою: Times New Roman, кегль – 11 pt, курсив, з абзацним відступом – 1,25 см, міжрядковий інтервал – 1, вирівнювання по ширині, назва рубрик – напівжирним;

Анотація (UA) не менше 1800 знаків. Рубрики анотації:

- Мета.
- Методика.
- Результати.
- Наукова новизна.
- Практична значимість.

Ключові слова анотації **українською** мовою: назва – *напівжирний курсив*, Times New Roman, кегль – 11 pt, міжрядковий інтервал – 1, з абзацним відступом – 1,25 см.; перелік ключових слів: 5–6 слів чи словосполучень, Times New Roman, кегль – 11 pt, вирівнювання по ширині;

Порожній рядок.

Основний текст статті: Times New Roman, кегль – 12 pt, міжрядковий інтервал – 1, з абзацним відступом – 1,25 см., вирівнювання по ширині.

Наукова стаття передбачає таку **послідовність** структурних елементів **текстової частини**:

– **Вступ** – постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями (5–10 рядків); актуальність і доцільність питання (5–10 рядків); останні дослідження та публікації, на які спирається автор, виділення невирішених частин загальної проблеми, котрим присвячується дана стаття (звичайно ця частина статті становить близько 1/3 сторінки).

– **Постановка завдання** – формулювання цілей статті. Вказаний розділ вельми важливий, бо з нього читач визначає корисність для себе пропонованої статті; мета статті випливає з постановки загальної проблеми і огляду раніше виконаних досліджень, тобто дана стаття має на меті ліквідувати “білі плями” у загальній проблемі (обсяг цієї частини статті 5–10 рядків).

– **Результати дослідження** – виклад власне матеріалу дослідження (від 5–6 сторінок тексту). Невеликий обсяг потребує виділення головного у матеріалах дослідження; іноді можна обмежитися тільки формулюванням мети дослідження, короткою згадкою про метод вирішення задачі і викладом отриманих результатів; якщо на обсяг статті не має суворих обмежень, то доцільно описати методику дослідження повніше.

– **Висновки** – у закінченні наводяться висновки з даного дослідження і стисло подаються перспективи подальших розвідок у цьому напрямку.

Таблиця: Times New Roman, кегль – 12 pt, міжрядковий інтервал – 1, вирівнювання по центру, без абзацу. Згадана в тексті таблиця позначається скорочено (табл. 4). Всі таблиці, якщо їх декілька, нумерують арабськими цифрами в межах всього тексту: *Таблиця 1, Таблиця 2, ..., тощо*. Таблиці забезпечують тематичними заголовками, які розташовують з лівого боку сторінки перед таблицею і пишуть з прописної букви, *курсивом*, без крапки на кінці.

Вміст таблиці: Times New Roman 10/12pt, інтервал 1. Якщо цифрові або інші дані в певному елементі таблиці не подають, там обов'язково ставлять прочерк. У разі потреби таблиця забезпечується примітками, що поміщаються під таблицею. При перенесенні таблиці на наступну сторінку слід пронумерувати графи і продовжити їх нумерацію. Нову сторінку почати зі слів «*Продовження табл. 1*». Заголовок таблиці не повторюють.

Після таблиці – порожній рядок.

Рисунки (діаграми, фото та ін.) подаються у кольоровому та чорно-білому зображенні разом із текстом у місцях посилань на них та обов'язково в окремих файлах (***.TIFF, *.jpg та ін.**) з **роздільністю 300 dpi**. Бажана ширина рисунків – 9 см або не більше 17 см для карт, схем та інших об'ємних матеріалів. Рисунок має бути розташований по центру, **без обтінання текстом**. Рисунки розміщують „в тексті“, (не в таблицях). Символи, підписи, лінії рисунків слід виконувати таким чином, щоб вони сприймалися. Підписи до рисунків повинні містити нумерацію в порядку розміщення в тексті.

У тексті на ілюстрацію робляться посилання, що містять порядкові номери, під якими ілюстрації поміщені в статті. Всі ілюстрації, якщо їх декілька, нумерують арабськими цифрами в межах всього тексту: рис. 1, рис. 2, ..., тощо. Якщо в тексті тільки одна ілюстрація, то номер їй не привласнюється і слово «рисунок» не пишуть. Ілюстрації забезпечують тематичними заголовками, які розташовують посередині сторінки після рисунку і пишуть з прописної букви, **напівжирним**, без крапки на кінці. Кожну ілюстрацію необхідно забезпечувати підписом, знизу ілюстрації, розкриваючи його зміст, який повинен відповідати основному тексту і самій ілюстрації. В підписі дається, також, розшифровка умовних позначень (цифрових та буквених).

Після ілюстрації – порожній рядок.

Формули в статтях мають бути набрані за допомогою редактора формул (внутрішній редактор формул в редакторі Microsoft Word for Windows). Прості формули та символи, що їх складають, набираються за допомогою редактора формул, стиль – математичний (курсив), розмір формул – 10 pt. Складні формули набирають у редакторі Microsoft Equation. Формули завдовжки понад 8 см розбивають на окремі блоки до 8 см (за окремими винятками – 17 см). Формули відокремлюють від тексту зверху та знизу одним інтервалом. Нумерація формул, на які є посилання в тексті, – справа в дужках. Усі *фізичні величини* подаються в системі СІ. Цілі частини від десяткових відокремлюються комою. Формули набираються в редакторі формул **MathType** та розташовуються по центру (без абзацу) рядка, нумерація цифрова, наскрізна. Номер формули (у круглих дужках, Times New Roman, кегль – 12 pt) розташовується по правому краю сторінки на одному рівні з формулою. Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів розташовують безпосередньо під формулою, у тій послідовності, у якій вони представлені у формулі. Кожне значення необхідно пояснювати в новому абзаці з відступом 75 мм. Перший ряд пояснень начитають зі слова «де» (без відступу).

Список використаної літератури – елемент бібліографічного апарату, котрий містить описи використаних джерел. Список використаної літератури приводиться наприкінці статті. При цитуванні літератури в тексті необхідно вказувати номер у квадратних дужках, наприклад [1]. Нумерація літератури в порядку згадування, арабськими цифрами, дотримуючись наскрізної нумерації: Times New Roman 12 pt, міжрядковий інтервал 1, без абзацного відступу, вирівнювання по ширині.

Список джерел – не менше 10 позицій, мовами оригіналу, оформляється згідно з ДСТУ 3017: 2015. У тексті рукопису посилання на літературу ставляться в квадратні дужки.

References – Times New Roman 11 pt, міжрядковий інтервал 1,0, без абзацного відступу, вирівнювання по ширині. Транслітерований (*транслітерація з укр. мови – <http://www.slovnnyk.ua/services/translit.php>; з рос. –*

<http://www.fotosav.ru/services/transliteration.aspx>) та перекладений англійською список літератури з дотриманням вимог міжнародних стандартів оформлення бібліографічних посилань.

Порожній рядок.

В кінці надається коротко інформація англійською мовою Times New Roman, кегль – 10 pt, прописні, міжрядковий інтервал – 1, назва рубрик – курсив.

Приклад:

IVANOV YURIИ

PhD, Professor

Department of Applied Ecology, Technology of Polymers and Chemical Fibers of the Kyiv National University of Technologies and Design

Scopus Author ID: 9134000100

Researcher ID: H-6012-2020

<https://orcid.org/0000-0001-8718-1202>

e-mail: обо'язково

Анотація (RU) не менше 1800 знаків.

ФАМИЛИЯ И.О. автора (-ов): Times New Roman, кегль – 12 pt, прописні, міжрядковий інтервал – 1, без абзацу, вирівнювання по центру.

Наименование организации: Times New Roman, кегль – 11 pt, курсив, міжрядковий інтервал – 1, без абзацу, вирівнювання по центру.

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ: Times New Roman, кегль – 12pt, міжрядковий інтервал – 1, прописні, напівжирні, без абзацу, вирівнювання по центру.

Анотація до статті російською мовою: Times New Roman, кегль – 11 pt, з абзацним відступом – 1,25 см., міжрядковий інтервал – 1, вирівнювання по ширині, назва рубрик – напівжирним.

Рубрики анотації:

- Цель (до 100 знаків).
- Методика (до 300 знаків).
- Результаты (до 400 знаків).
- Научная новизна (до 100 знаків).
- Практическая значимость (до 100 знаків).

Ключові слова анотації російською мовою: назва – **напівжирний**, Times New Roman, кегль – 11 pt, міжрядковий інтервал – 1, з абзацним відступом – 1,25 см.; перелік ключових слів: 5–6 слів чи словосполучень, Times New Roman, кегль – 11 pt, *курсив*, вирівнювання по ширині;

Порожній рядок.

Анотація (EN) не менше 1800 знаків.

ПРИЗВИЩЕ I. B. автора (-ов): Times New Roman, кегль – 12 pt, прописні, міжрядковий інтервал – 1, без абзацу, вирівнювання по центру.

Назва установи (закладу): Times New Roman, кегль – 11 pt, курсив, міжрядковий інтервал – 1, без абзацу, вирівнювання по центру.

НАЗВА СТАТТІ: Times New Roman, кегль – 12pt, міжрядковий інтервал – 1, прописні, напівжирні, без абзацу, вирівнювання по центру.

Анотація до статті англійською мовою: Times New Roman, кегль – 11 pt, з абзацним відступом – 1,25 см., міжрядковий інтервал – 1, вирівнювання по ширині, назва рубрик – **напівжирним**;

Рубрики анотації:

- Purpose.
- Methodology.
- Findings.
- Originality.
- Practical value.

Ключові слова анотації англійською мовою: назва – **напівжирний**, Times New Roman, кегль – 11 pt, міжрядковий інтервал – 1, з абзацним відступом – 1,25 см.; перелік ключових слів: 5 – 6 слів чи словосполучень, Times New Roman, кегль – 11 pt, *курсив*, вирівнювання по ширині.

Застосування автоматичного перекладу наукового тексту (статті, анотації, тощо) **НЕ ДОПУСКАЄТЬСЯ**. Переклад (статті, анотації, тощо) має бути належної якості.

Остаточний висновок щодо публікації схвалює редакційна колегія журналу та повідомляє автора (-ів) телефонним дзвінком або повідомленням по електронній пошті.

Редакція лишає за собою право на незначне редагування та скорочення, зберігаючи при тому головні висновки та авторську стилістику. **Статті, оформлені без дотримання зазначених вимог, розглядатися не будуть.**

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖИНІРИНГ

Комп'ютерний набір та макетування

Кривонос О. О.

Технічний редактор

Панасюк І. В.

Відповідальний за поліграфічне виконання

Підп. до друку 15.12.2021. Формат 60×84 1/8.

Ум. друк. арк. 5,58. Облік. вид. арк. 4,36. Наклад 100 пр. Зам. _____.

Видавець і виготовлювач Київський національний університет технологій та дизайну.
вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ, 01011, Україна.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ №24822–14762 ПР від 19.04.2021р.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 993 від 24.07.2002.

TECHNOLOGIES AND ENGINEERING

Computer Typesetting & Modeling

Kryvonos O. O.

Technical Editor

Panasiuk I. V.

Responsible for printing

Printing proof 15.12.2021. Format 60×84 1/8.

Conditional sheet 5.58. Calculated sheet 4.36. Circulation 100 copies. Order N _____.

KNUTD Instant Printing Department.
Nemirovich-Danchenko Street, 2, Kyiv, 01011, Ukraine.

Certificate КВ №24822–14762 ПР від 19.04.2021 р.

Certificate ДК № 993, 24.07.2002.