

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ТЕХНОЛОГІЇ
ТА
ІНЖИНІРИНГ**

№ 4(9), 2022

DOI:10.30857/2786-5371.2022.4

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

Київ 2022

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).

№ 4(9), 2022

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»: Інформаційні технології, електроніка, механічна та електрична інженерія. 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. 1-347

тел./факс: +38 (044) 256-21-39

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

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну, протокол № 1 від 05.09.2022 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 4(9), 2022

DOI:10.30857/2786-5371.2022.4

Scientific Specialized Edition

Issued: 6 times a year

Founded: December, 1999

Kyiv 2022

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).

№ 4(9), 2022

The state registration of print media is KB № 24822-14762 ИП, 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: Information technologies, electronics, mechanical and electrical engineering. 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 1-347

Tel./fax: +38 (044) 256-21-39

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

Recommendations from Science Council of Kyiv National University of Technologies and Design, Protocol № 1, originating date 05.09.2022.

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*, ORCID: 0000-0001-7572-4757.

Злотенко Борис Миколайович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *заступник головного редактора*, ORCID: 0000-0002-0870-8535.

**СЕКЦІЯ: ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕЛЕКТРОНІКА,
МЕХАНІЧНА ТА ЕЛЕКТРИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ**

Шведчикова Ірина Олексіївна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *відповідальний редактор секції*. ORCID: 0000-0003-3005-7385.

Осипенко Володимир Васильович – доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *заступник відповідального редактора секції*, ORCID: 0000-0002-1077-1461.

Білоус Інна Юріївна – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», ORCID: 0000-0002-6640-103x.

Денисюк Сергій Петрович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, ORCID: 0000-0002-2134-254X.

Жуйков Валерій Якович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, ORCID: 0000-0002-3338-2426.

Мілих Володимир Іванович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, ORCID: 0000-0002-6176-3103.

Стаценко Володимир Володимирович – доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0002-3932-792X.

Суходуб Ірина Олегівна – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», ORCID: 0000-0002-5895-1306.

Чорний Олексій Петрович – доктор технічних наук, професор, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна, ORCID: 0000-0001-8270-3284.

Шавьолкін Олександр Олексійович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0003-3914-0812.

Jasim Mohmed – Docent, PhD, Al-Furat Al-Awsat Technical University – Al-Musssaib Technical college, Kufa, Ira, ORCID: 0000-0002-2983-416X.

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, ORCID: 0000-0002-7102-753X.

Kay Berkling – Prof. Ph.D., Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW), Karlsruhe. Germany.

Juraj Gerlici – Prof., Dr. Ing., University of Žilina, Slovak Republic.

Kateryna Kravchenko – PhD, University of Žilina, Slovak Republic.

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

Галавська Людмила Євгенівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *відповідальний редактор секції*, ORCID: 0000-0002-6994-6641.

Березненко Сергій Миколайович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *заступник відповідального редактора секції*, ORCID: 0000-0002-1042-6369.

Арабулі Світлана Іванівна – кандидат технічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID 0000-0003-1049-8255.

Гараніна Ольга Олександрівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна. ORCID: 0000-0002-4715-3851.

Касьян Едуард Євгенович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0002-9540-2824.

Кизимчук Олена Павлівна – доктор технічних наук, професор, Дрезденський технічний університет, Німеччина, ORCID: 0000-0002-8874-8931.

Очеретна Лариса – PhD, доцент, Люберецький технічний університет, Чеська республіка, ORCID 0000-0003-4296-410X.

Славінська Алла Людвигівна – доктор технічних наук, професор, Хмельницький національний університет, Україна, ORCID: 0000-0003-0663-9422.

Хімичева Анна Іванівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0002-3737-7341.

Хоменко Володимир Григорович – доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0003-0013-8010.

СЕКЦІЯ: ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Барсуков В'ячеслав Зіновійович – доктор хімічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *відповідальний редактор секції*, ORCID: 0000-0002-3041-2474.

Плаван Вікторія Петрівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна – *заступник відповідального редактора секції*, ORCID: 0000-0001-9559-8962.

Андрєва Ольга Адіславівна – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0001-8374-2306.

Баула Ольга Петрівна – кандидат хімічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0003-4305-6517.

Бессарабов Володимир Іванович, доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0003-0637-1729.

Будаш Юрій Олександрович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0001-8718-1577.

Кузьмінський Євген Васильович – доктор хімічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, ORCID: 0000-0002-5632-8297.

Левицький Володимир Євстахович – доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, ORCID: 0000-0003-1323-1943.

Мокроусова Олена Романівна - доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID 0000-0003-1943-8048.

Савченко Богдан Михайлович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0002-8636-5734.

Скорохода Володимир Йосипович – доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, ORCID: 0000-0002-2352-5964.

Страшний Владислав Володимирович – доктор фармацевтичних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, ORCID: 0000-0002-9188-1821.

Valeika Virgilijus – professor, PhD, Department of Physical and Inorganic Chemistry, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania, ORCID: 0000-0003-4974-7626.

Кривонос Олена Олександрівна – відповідальний секретар.

ЗМІСТ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕЛЕКТРОНІКА, МЕХАНІЧНА ТА ЕЛЕКТРИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

1. **Башовий В. М., Стаценко В. В., Стаценко Д. В.**
ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ РОБОТИ СУЧАСНИХ
ФРЕЙМВОРКІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ WEB-ІНТЕРФЕЙСІВ 9
2. **Кузнєцова О. О., Ястремська Л. С.,
Корнієнко І. М., Барановський М. М.**
ЕКОЛОГІЧНІ ОРІЄНТИРИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПОЛІТИКИ
ЄС ТА УКРАЇНИ 17
3. **Манойленко О. П., Горобець В. А., Дворжак В. М.,
Писаренко Д. Д., Билик К. А.**
АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА РОЗРОБЛЕННЯ
КЛАСИФІКАЦІЇ МЕХАНІЗМІВ ПОДАЧІ ГОЛКОВИХ
НИТОК ШВЕЙНИХ МАШИН ЛАНЦЮГОВОГО СТІБКА 35

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ІНДУСТРІЇ МОДИ, ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТЕКСТИЛЮ, ОДЯГУ ТА ВЗУТТЯ

4. **Чупринка В. І., Чупринка Н. В.,
Василенко О. Л., Науменко Б. В.**
ПІДГОТОВКА ІНФОРМАЦІЇ ПРО ЗОВНІШНІ КОНТУРИ
ПЛОСКИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ
ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО
ПРОЕКТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ РОЗКРОЮ 48

ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

5. **Свістільнік Р. Ф., Федорів Т. Р.,
Савченко Б. М., Осауленко С. І.**
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ
ГІБРИДНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ 60

TABLE OF CONTENTS

INFORMATION TECHNOLOGIES, ELECTRONICS, MECHANICAL AND ELECTRICAL ENGINEERING

1. **Bashovyi V. M., Statsenko V. V., Statsenko D. V.**
DETERMINING OF MODERN FRAMEWORKS SPEED FOR
CREATING WEB-INTERFACES 9
2. **Kuznietsova O. O., Yastremska L. S.,
Korniyenko I. M., Baranovskyy M. M.**
ENVIRONMENTAL ORIENTATION OF ENERGY POLICY
OF THE EU AND UKRAINE 17
3. **Manoilenko O. P., Gorobets V. A., Dvorzhak V. M.,
Pisarenko D. D., Bylyk K. A.**
ANALYTICAL INSPECTION AND DEVELOPMENT OF A
CLASSIFICATION OF NEEDLE THREADS TEKE-UP
MECHANISMS OF CHAIN STITCH SEWING MACHINES 35

MATERIAL SCIENCE IN THE TEXTILE, CLOTHING AND FOOTWEAR MANUFACTURING INDUSTRIES

4. **Chuprynka V. I., Chuprynka N. V.,
Vasylenko O. L., Naumenko B. V.**
PREPARATION OF INFORMATION ON THE EXTERNAL
CONTOURS OF FLAT GEOMETRIC OBJECTS FOR
EFFECTIVE AUTOMATED DESIGN OF RATIONAL
CUTTING SCHEMES 48

CHEMICAL AND BIOPHARMACEUTICAL TECHNOLOGIES

5. **Svistsilnik R. F., Fedoriv T. R.,
Savchenko B. M., Osaulenko S. I.**
DEVELOPMENT TECHNOLOGY OF ELECTRICALLY
CONDUCTIVE HYBRID COMPOSITE COATINGS 60

УДК 004.51

БАШОВИЙ В. М., СТАЦЕНКО В. В., СТАЦЕНКО Д. В.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ РОБОТИ СУЧАСНИХ ФРЕЙМВОРКІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ WEB-ІНТЕРФЕЙСІВ

Мета. Дослідження швидкості формування списків інтерактивних елементів сучасними фреймворками, що використовуються для створення web-інтерфейсів.

Методика. Використовуються методи опису та аналізу ефективності програмних засобів, методи та інструменти дослідження web-додатків.

Результати. Визначено найбільш популярні JavaScript фреймворки, що використовуються для створення web-інтерфейсів. До них відносяться фреймворки React, Angular та Vue. Визначено час, що витрачають зазначені фреймворки на виконання операцій зі списком інтерактивних елементів. Встановлено, що найкращі результати показав фреймворк Angular: загальний час на виконання найбільш складної операції (повного формування сторінки) у нього на 45% краще ніж у React та на 44% краще ніж у Vue. Встановлено, що фреймворки мають різну архітектуру, що може змінювати час роботи в інших додатках. Зокрема, тестування швидкості видалення задачі показало, що фреймворк Angular значно менше часу витрачає на етапі Scripting ніж React та Vue, але значно більше – на етапі рендерінгу. Це свідчить про інший принцип підготовки даних для елементів web додатку.

Наукова новизна. Представлено результати дослідження швидкості роботи JavaScript фреймворків для створення web-додатків. Проаналізовано час виконання операцій формування списків інтерактивних елементів, їх зміни та видалення.

Практична значимість. Представлена інформація дозволяє зробити обґрунтований вибір фреймворку для створення web-додатків.

Ключові слова: web-додаток; web-інтерфейс; JavaScript; фреймворк; Angular; React; Vue.

Вступ. Веб-додатки сьогодні є одним з найпоширеніших видів програмного забезпечення, що використовуються для вирішення різноманітних задач. Їх стрімке розповсюдження зумовлено передусім низькими вимогами до налаштувань оточення користувача, оскільки вони потребують лише наявності браузера та доступу до мережі на комп'ютері користувача. Таким чином, середовищем для виконання таких додатків є браузер в якому відбувається формування інтерфейсу користувача. Обробка та збереження даних в переважній кількості випадків здійснюється на сервері. Це дозволяє уникнути процедур встановлення та налаштування програмного забезпечення на комп'ютері користувача, дозволяє використовувати один й той самий додаток на стаціонарних комп'ютерах та мобільних пристроях. Водночас, використання браузера в якості платформи для запуску додатків вносить свої обмеження. Передусім браузер суттєво обмежує доступ до ресурсів операційної системи, що робить неможливим створення web-додатків, які можуть замінити системне програмне забезпечення. Інша проблема пов'язана з відсутністю стандартних компонентів для створення інтерфейсів користувача. Інтерфейс формується розробником з використанням мов HTML, JavaScript та CSS [1]. Вони дозволяють створювати достатньо складні інтерфейси, але їх безпосереднє використання призводить до надмірних витрат часу, особливо при створенні додатків зі схожими елементами управління та відображення інформації. Це зумовило появу великої кількості бібліотек та фреймворків, які дозволяють суттєво скоротити час розробки web-додатків за рахунок використання готових компонентів. З іншої сторони, розробники фреймворків намагаються зробити їх універсальними, що зумовлює розширення кодової бази та додаткові витрати ресурсів. Це зумовлює актуальність дослідження швидкості роботи розповсюджених фреймворків для створення web-інтерфейсів.

Постановка завдання. Сьогодні існує декілька фреймворків, які широко використовуються для розробки web-додатків, та, водночас, побудовані за різними архітектурними принципами.

Метою дослідження є визначення швидкості їх роботи при формуванні списків інтерактивних елементів. Такі списки використовуються у багатьох web-додатків, зокрема, для відображення інформації, що надходить з бази даних, з якою користувач може виконувати певні дії (редагування, видалення тощо). Кожен елемент списку містить певні дані та елементи керування (кнопки, текстові поля, перемикачі тощо). Web-додаток має сформувати сторінку зі списком та забезпечити обробку взаємодії користувача з елементами керування.

Результати дослідження. Сьогодні основною мовою для створення додатків, що працюють в браузері, є JavaScript. Ця мова є єдиною, яка підтримується всіма сучасними браузерами, що зумовлює її надзвичайно широке поширення. Згідно рейтингу мов програмування за останні два роки по версії DOU.ua мова JavaScript займає 1-ше місце [13]. Також існує декілька мов, які також використовуються для створення web-інтерфейсів, наприклад, TypeScript та CoffeScript. Вони мають певні переваги, але код написаний на цих мовах в будь-якому випадку компілюється у JavaScript перед виконанням у браузері. Таким чином, ці мови дозволяють використовувати інший синтаксис, але мають ті самі обмеження, що і JavaScript.

Вихідними ресурсами для побудови сторінки web-додатку є HTML розмітка, JavaScript код та таблиці стилів (CSS). Всі ці ресурси браузер завантажує з сервера, після чого запускає процес формування сторінки, що включає наступні етапи:

- Завантаження – відправка запитів на сервер, отримання відповідей та їх парсинг.
- Очікування компіляції скриптів (Idle).
- Виконання JavaScript коду (Scripting).
- Рендерінг (Rendering) – формування сторінки в оперативній пам'яті.
- Відображення сторінки у вікні браузера (Painting).
- Виконання системних операцій (System).

Порядок виконання цих етапів визначається браузером та додатком. Наприклад, JavaScript код може змінювати HTML розмітку, що призводить до повторного виконання етапів Rendering та Painting.

Фреймворки, що розглядаються, в рамках цього дослідження, виконують формування сторінки на основі вихідних даних та шаблонів, що задані розробником. Це зменшує час на розробку додатку оскільки всі операції низького рівня виконує фреймворк.

На рис. 1 наведено тренди популярності найбільш розповсюджених JavaScript фреймворків. Відповідно до нього, найбільш популярними є React, Vue, Angular, які ми розглядаємо в рамках цього дослідження.

З метою дослідження швидкості їх роботи було обрано відомий додаток TodoMVC [2], реалізований на мові JavaScript з використанням всіх зазначених фреймворков. Цей додаток дозволяє створювати та редагувати список задач, змінювати їх статуси, переглядати списки нових та завершених задач, виконувати інші операції. Інтерфейс TodoMVC показаний на рис. 2.

Не зважаючи на те, що додаток є відносно простим, він включає більшість типових операцій, які виконує користувач з даними, а саме: створення нової задачі, її редагування, зміну статусу, видалення, групування задач за їх статусами, виконання групових операцій (видалення виконаних задач).

Станом на сьогодні створено декілька десятків версій TodoMVC, на основі різних бібліотек та фреймворків, що робить цей додаток надзвичайно зручним для порівняння та вибору JavaScript бібліотек.

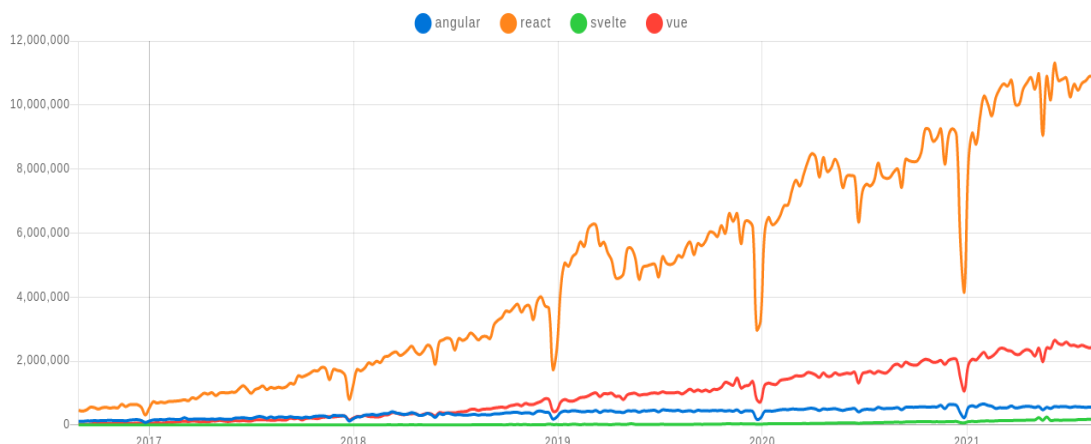


Рис. 1. Рейтинг використання фреймворків 2021–2022 рр.

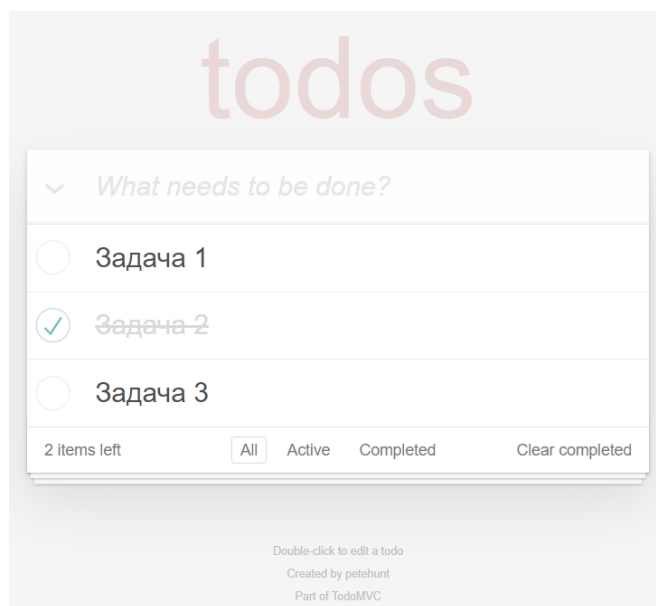


Рис. 2. Інтерфейс web-додатку TodoMVC

Іншою причиною, яка зумовила вибір TodoMVC для проведення порівняння є те, що задачі зберігаються у локальному сховищі браузера. Більш розповсюдженою практикою є завантаження даних для додатку з сервера. Але в цьому випадку час оновлення інтерфейсу додатку включатиме час передачі даних між браузером та сервером, що ускладнює порівняння JavaScript фреймворків. Завантаження даних з локального сховища браузера здійснюється з постійною швидкістю.

Кожна з задач являє собою хеш з наступними даними:

```
{  
  id: 123,  
  title: "задача 123",  
  completed: false  
}
```

де `id` – унікальний ідентифікатор задачі;

`title` – текст задачі;

`completed` – статус виконання.

У роботі досліджувалось три версії додатку TodoMVC, створені на базі фреймворків React, Angular та Vue.

Перед початком дослідження було створено та розміщено в локальному сховищі браузера 10000 задач. Така кількість елементів практично гарантовано уповільнює роботу будь-якого web-додатку, що дозволяє підвищити точність визначення часу, який витрачають фреймворки на формування сторінки, за рахунок зменшення відносної похибки вимірювань, що виникає внаслідок дії зовнішніх факторів. Зокрема, інші програми можуть в певні моменти часу використовувати системні ресурси, що уповільнює роботу браузера та впливає на результати вимірювань.

Дослідження проводилось із використанням браузера Google Chrome версії 105.0.5195.102. Браузер запускався в режимі «інкогніто», що гарантувало відключення всіх додатків.

Визначення тривалості виконання операцій додатком здійснювалось з використанням вбудованих у Google Chrome інструментів розробника (Chrome Development Tools). Вони дозволяють вимірювати час та використання ресурсів на формування сторінки додатку. Також інструменти розробника дозволяють визначати час формування сторінки та час на протязі якого інтерфейс не реагує на дії користувача (Total blocking time). Приклад звіту з цими даними показано на наступному рис. 3.

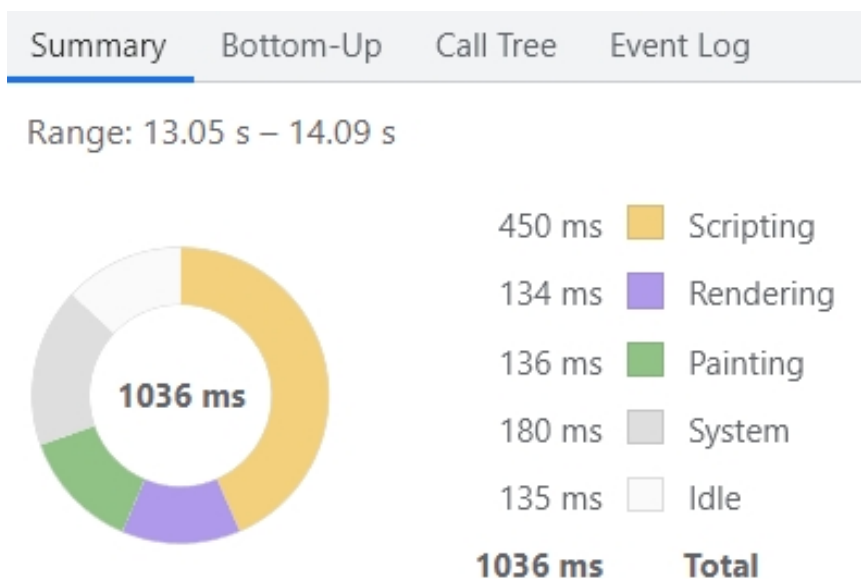


Рис. 3. Звіт з інформацією про тривалість формування сторінки, сформований у Chrome Development Tools

У роботі проведено дослідження трьох операцій.

1) Формування сторінки та первинне завантаження списку. Це найбільш ресурсоемна операція під час якої сторінка формується «з нуля». На цьому етапі у фреймворка немає можливості використати попередньо сформовані елементи. Окрім часу додатково визначалось максимальне використання оперативної пам'яті додатком та кількість переданих даних (сумарний розмір фреймворку та додатку). Результати представлені у табл. 1.

Об'єм пам'яті, що використовується системою, є практично однаковим для всіх фреймворків. За кількістю переданих даних, найкращий показник має Vue. Водночас, мінімальний час формування сторінки забезпечив фреймворк Angular.

Таблиця 1

Результати дослідження процесу формування сторінки

Параметр	Фреймворк		
	React	Angular	Vue
Загальний час, мс	4203	3158	3692
Total blocking time, мс	3609	2532	3111
Завантаження сторінки, мс	241	5	4
Scripting, мс	2636	1554	1311
Rendering, мс	710	723	819
Painting, мс	13	13	12
Системні операції, мс	369	653	1307
Очікування, мс	235	211	239
Максимальне використання пам'яті, МБ	132	150	126
Кількість переданих даних, кБ	1207	1723	267

2) Зміна статусу задачі. Ця операція здійснюється за допомогою перемикача, що розташований ліворуч від тексту задачі (рис. 2). При цьому змінюється відображення лише одного елемента списку. Результати представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати дослідження зміни статусу задачі

Параметр	Фреймворк		
	React	Angular	Vue
Загальний час, мс	947	966	1036
Scripting, мс	342	334	450
Rendering, мс	172	150	134
Painting, мс	101	129	136
Системні операції, мс	247	215	180
Очікування, мс	84	137	135

Всі фреймворки виконали цю операцію практично за однаковий час. Трохи кращий результат у React. Також слід відзначити, що тривалість виконання цієї операції значно менша за час формування сторінки. Це свідчить про те, що в усіх фреймворках процес рендерингу є оптимізованим і зміни в одному з компонентів не призводять до повторного формування всієї сторінки.

3) Видалення задачі зі списку. Ця операція призводить до зміни кількості елементів у списку. При цьому задача, що видаляється, зникає зі сторінки, а всі задачі, що розташовані нижче, переміщуються на одну позицію вгору. Результати вимірювань представлені у табл.3.

Таблиця 3

Результати дослідження видалення задачі зі списку

Параметр	Фреймворк		
	React	Angular	Vue
Загальний час, мс	3647	1996	2039
Scripting, мс	2996	672	1576
Rendering, мс	254	1035	296
Painting, мс	14	13	11
Системні операції, мс	317	186	100
Очікування, мс	66	91	56

Час виконання цієї операції більший ніж у випадку зміни статусу задачі. Це пояснюється тим, що всі елементи списку які розташовані нижче задачі, що видаляється, мають бути переміщені. Найкращий час в даному випадку продемонстрували фреймворки Angular та Vue. Також в даному випадку чітко помітна різниця у розподіленні часу між етапами Scripting та Rendering, що свідчить про суттєві відмінності у архітектурі фреймворків.

Висновки.

1) В результаті проведеного дослідження визначено найбільш популярні JavaScript фреймворки, що використовуються для створення web-інтерфейсів. До них відносяться фреймворки React, Angular та Vue. Визначено час, що витрачають зазначені фреймворки на виконання операцій зі списком інтерактивних елементів.

2) Найкращі результати показав фреймворк Angular: загальний час на виконання найбільш складної операції (повного формування сторінки) у нього на 45% краще ніж у React та на 44% краще ніж у Vue.

3) Встановлено, що фреймворки мають різну архітектуру, що може змінювати час роботи в інших додатках. Зокрема, тестування швидкості видалення задачі показало, що фреймворк Angular значно менше часу витрачає на етапі Scripting ніж React та Vue, але значно більше – на етапі рендерінгу. Це свідчить про інший принцип підготовки даних для елементів web додатку. Тому перевірка швидкості роботи має здійснюватись з урахуванням особливостей конкретного web додатку, що розробляється.

References

Література

- | | |
|--|---|
| <p>1. Meloni, J., Kyrnin, J. (2018). HTML, CSS, and JavaScript All in One. 3rd edition. Sams Publishing. 800 p.</p> <p>2. Addendum TodoMVC: website. URL: https://todomvc.com/</p> <p>3. Ohliad CSS-freimvorkiv: veb-sait [Overview of CSS Frameworks: website]. URL: http://iantonov.me/page/obzor-css-frejmvorkov.</p> <p>4. Adaptyvna verstka: veb-sait [Responsive layout: website]. URL: https://webtune.com.ua/statti/web-rozrobka/adaptyvna-verstka-sajtu/#id2.</p> <p>5. Klyasyfikatsiia bibliotek: veb-sait [Classification of libraries: website]. URL: https://codeguida.com/post/2322.</p> <p>6. Veb-interfeisy: veb-sait [Web Interfaces: Website]. URL: https://www.alltechbuzz.net/uk/the-most-essential-frontend-web-development-tools/.</p> <p>7. SEO-perevah adaptyvnoho veb-dyzainu: veb-sait [SEO Benefits of Responsive Web Design: Website]. URL: https://lemarbet.com/ua/prodvizhenie-sajtov-internet-magazinov/7-osnovnih-seo-perevag-adaptivy/.</p> <p>8. JavaScript (JS): veb-sait [JavaScript (JS): Website]. URL: https://www.techopedia.com/definition/3929/javascript-js.</p> <p>9. Angular: veb-sait [Angular: Website]. URL: https://www.typescriptlang.org/docs/handbook/angular.html.</p> <p>10. Adaptyvni CSS-freimvorky, sitky, klasy vydymosti: veb-sait [Responsive CSS frameworks, grids, visibility classes: website]. URL: http://klondike-studio.ru/blog/responsive-cssframework/.</p> | <p>1. Meloni J., Kyrnin J. HTML, CSS, and JavaScript All in One. 3rd edition. Sams Publishing, 2018. 800 p.</p> <p>2. Додаток TodoMVC: веб-сайт. URL: https://todomvc.com/</p> <p>3. Огляд CSS-фреймворків: веб-сайт. URL: http://iantonov.me/page/obzor-css-frejmvorkov.</p> <p>4. Адаптивна верстка: веб-сайт. URL: https://webtune.com.ua/statti/web-rozrobka/adaptyvna-verstka-sajtu/#id2.</p> <p>5. Класифікація бібліотек: веб-сайт. URL: https://codeguida.com/post/2322.</p> <p>6. Веб-інтерфейси: веб-сайт. URL: https://www.alltechbuzz.net/uk/the-most-essential-frontend-web-development-tools/.</p> <p>7. SEO-переваг адаптивного веб-дизайну: веб-сайт. URL: https://lemarbet.com/ua/prodvizhenie-sajtov-internet-magazinov/7-osnovnih-seo-perevag-adaptivy/.</p> <p>8. JavaScript (JS): веб-сайт. URL: https://www.techopedia.com/definition/3929/javascript-js.</p> <p>9. Angular: веб-сайт. URL: https://www.typescriptlang.org/docs/handbook/angular.html.</p> <p>10. Адаптивні CSS-фреймворки, сітки, класи видимості: веб-сайт. URL: http://klondike-studio.ru/blog/responsive-cssframework/.</p> |
|--|---|

11. Ohliad CSS-freimvorkiv: veb-sait [Overview of CSS Frameworks: website]. URL: <http://iantonov.me/page/obzor-css-frejmworkov>.
12. Google Optimize: veb-sait [Google Optimize: website]. URL: <https://pr-cy.ru/news/p/6336>.
13. Pokaznyky populiarnosti freimvorkiv: veb-sait [Indicators of the popularity of frameworks: website]. URL: <https://dou.ua/forums/topic/34739/>.

11. Огляд CSS-фреймворків: веб-сайт. URL: <http://iantonov.me/page/obzor-css-frejmworkov>.
12. Google Optimize: веб-сайт. URL: <https://pr-cy.ru/news/p/6336>.
13. Показники популярності фреймворків: веб-сайт. URL: <https://dou.ua/forums/topic/34739/>.

BASHOVYI VADYM

Graduate Student, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-7557-8841>

E-mail: Andragorn1996@gmail.com

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

STATSENKO DMITRY

Candidate of Technical Sciences, Associate professor, Department of Computer Engineering and Electromechanics Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-3064-3109>

Scopus Author ID: 57210341005

ResearcherID: C-3644-2017

E-mail: statsenko.dv@knuud.edu.ua

БАШОВЫЙ В. М., СТАЦЕНКО В. В., СТАЦЕНКО Д. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ФРЕЙМВОРКОВ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ WEB-ИНТЕРФЕЙСОВ**

Цель. Исследование скорости формирования списков интерактивных компонентов современными фреймворками, которые используются для создания web-интерфейсов.

Методика. Используются способы описания и анализа эффективности программных средств, способы и инструменты исследования web-приложений.

Результаты. Определены наиболее популярные JavaScript фреймворки, которые используются для создания web-интерфейсов. К ним относятся фреймворки React, Angular и Vue. Определено время, затрачиваемое указанными фреймворками на выполнение операций со списком интерактивных компонентов. Установлено, что лучшие результаты показал фреймворк Angular: общее время для выполнения наиболее сложной операции (полного формирования страницы) у него на 45% лучше, чем у React и на 44% лучше, чем у Vue. Установлено, что фреймворки имеют разную архитектуру, что может изменять время работы в других приложениях. В частности, тестирование скорости удаления компонента показало, что фреймворк Angular значительно меньше времени тратит на этапе Scripting, чем React и Vue, но гораздо больше – на этапе рендеринга. Это свидетельствует о разнице в алгоритмах подготовки данных для элементов web приложения.

Научная новизна. Представлены результаты исследования скорости работы JavaScript фреймворков для создания web-приложений. Проанализировано время выполнения операций формирования списков интерактивных компонентов, их изменения и удаления.

Практическая значимость. Представленная информация позволяет сделать обоснованный выбор фреймворка для создания web-приложений.

Ключевые слова: web-приложение; web-интерфейс; JavaScript; фреймворк; Angular; React; Vue.

BASHOVYI V. M., STATSENKO V. V., STATSENKO D. V.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**DETERMINING OF MODERN FRAMEWORKS SPEED
FOR CREATING WEB-INTERFACES**

Purpose. Study of forming lists of interactive components speed by modern frameworks that are used to create web-interfaces.

Methodology. Methods for describing and analyzing the effectiveness of software tools, methods and tools for researching web applications are used.

Results. The most popular JavaScript frameworks that are used to create web interfaces have been identified. These include React, Angular and Vue frameworks. The time taken by the specified frameworks to perform operations on the list of interactive components is determined. It was found that the Angular framework showed the best results: the total time to perform the most complex operation (complete page generation) is 45% better than React and 44% better than Vue. It has been established that frameworks have different architectures, which can change the operating time in other applications. In particular, component removal rate testing showed that the Angular framework spends significantly less time in the Scripting phase than React and Vue, but much more in the rendering phase. This indicates a difference in the algorithms for preparing data for web-application elements.

Scientific novelty. The results of the JavaScript frameworks speed study for creating web applications are presented. The operations execution time of forming interactive components lists, their modification and deletion is analyzed.

Practical significance. The presented information allows making an informed choice of a framework for creating web-applications.

Keywords: web-application; web-interface; JavaScript; framework; Angular; React; Vue.

УДК 620.91:
502.174.3
(042.3)

КУЗНЄЦОВА О. О., ЯСТРЕМСЬКА Л. С.,
КОРНІЄНКО І. М., БАРАНОВСЬКИЙ М. М.
Національний авіаційний університет, Київ, Україна

ЕКОЛОГІЧНІ ОРІЄНТИРИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПОЛІТИКИ ЄС ТА УКРАЇНИ

Мета. Метою роботи є дослідження формування екологічних орієнтирів в енергетичній політиці ЄС та України, визначення деяких проблемних питань, що характеризують сучасний стан процесу екологізації енергетики та знаходження відповідних рішень щодо розв'язання цих проблем.

Методика. Аналіз нормативно-правових актів ЄС та України в сфері відновлюваної енергетики та енергоефективності та літературних джерел, в яких висвітлюються проблеми процесу екологізації енергетики.

Результати. Виконано аналіз впровадження екологічних орієнтирів до енергетичної політики та актів законодавства ЄС та України. Досліджено стан адаптації національного законодавства у сфері енергетики до вимог низки Директив ЄС. Розкрито основні завдання, які стоять перед Україною у зв'язку з проголошенням Європейського зеленого курсу та амбітних планів щодо реформування енергетичного сектора ЄС з метою досягнення кліматичної нейтральності у 2050 році. Розглянуто шляхи ефективного залучення України до формування політики у рамках Європейського зеленого курсу.

Наукова новизна. Виконана систематизація та порівняння нормативно-правової бази ЄС та України з точки зору впровадження екологічних орієнтирів до енергетичної політики та окреслено проблемні аспекти державного нормативно-правового регулювання в сфері відновлюваної енергетики та енергоефективності в контексті євроінтеграційного вектору розвитку України.

Практичне значення. Пропозиції щодо активної співпраці з ЄС на всіх етапах розроблення нормативно-правових актів та врахування нових екологічно орієнтованих ініціатив ЄС в сфері енергетики під час розробки національних програм дій з розвитку відновлюваної енергетики дозволять вчасно адаптувати національне законодавство до сучасних викликів та більш ефективно втілювати принципи сталого розвитку.

Ключові слова: відновлювана енергетика; сталий розвиток; низьковуглецева економіка; відновлювані джерела енергії; екологічна політика; парникові гази; енергоефективність.

Вступ. Відомо, що енергетика є ключовою галуззю для будь-якого суспільства. В той самий час робота енергетичних підприємств призводить до забруднення довкілля. Тому не дивно, що все більш актуальним завданням стає декарбонізація енергетики. Лідером щодо впровадження принципів сталого розвитку в енергетичній політиці є Європейський Союз. Україна, зі свого боку, ратифікувавши Угоду про асоціацію з ЄС та ставши повноправним членом Енергетичного співтовариства, прийняла на себе зобов'язання щодо гармонізації національного законодавства з нормами ЄС.

Проблеми інтеграції екологічної та енергетичної політики знайшли своє відображення як в роботах дослідників з ЄС та і в публікаціях вітчизняних вчених. Роботи D. Buchan [1], S. Jacobsson [2], L.J. Nilsson та K. Ericsson [3], F. Morata та I. Solorio [4] присвячені дослідженню проблем екологізації енергетики. У цьому контексті найбільшу увагу науковців привернули європейські стратегії розвитку відновлюваної енергії.

В Україні проблеми розвитку енергетики в контексті сталого розвитку досліджували Г.Г. Гелетуха [5–9], Б. Коробко [10], В.Я. Шевчук [11] та інші.

За останній час в ЄС було прийнято ряд програмних документів щодо амбітних кліматичних цілей, серед них – досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Цього можна досягти, зокрема, проводячи реформу енергетичної сфери, розвиваючи відновлювану енергетику та підвищуючи енергоефективність. Україна, в свою чергу, взявши на себе

зобов'язання наближати національне законодавство до законодавства ЄС, має також розвивати енергетичний сектор з урахуванням екологічного аспекту та вирішувати проблеми, пов'язані з негативним впливом традиційної енергетики на довкілля. Тому дослідження процесу інтеграції екологічної та енергетичної політики в ЄС та Україні є актуальним.

Постановка завдання. Враховуючи, що метою роботи є дослідження формування екологічних орієнтирів в енергетичній політиці ЄС і України, визначення проблемних питань, що характеризують сучасний стан процесу екологізації енергетики та знаходження відповідних рішень щодо розв'язання цих проблем, було визначено наступні завдання:

- 1) здійснити аналіз нормативно-правових актів ЄС та України в сфері відновлюваної енергетики та енергоефективності в контексті «зеленого» розвитку та побудови низьковуглецевої економіки;
- 2) виявити проблемні аспекти нормативно-правового регулювання в сфері відновлюваної енергетики та енергоефективності в Україні в контексті її євроінтеграційного вектору розвитку;
- 3) сформулювати пропозиції щодо співпраці з ЄС в сфері «зеленої» енергетики, зокрема, в розробці та імплементації політик, стратегій та планів.

Результати дослідження.

Енергетика в ЄЕС: формування пріоритетів у 1960–1980-ті рр. Вперше над вирішенням проблем в галузі енергетики та формуванні відповідних пріоритетів в Європейському економічному співтоваристві (ЄЕС), що є попередником Європейського Союзу (ЄС) почали працювати ще у далекі 1960-ті роки. У 1968 р. Комісія ЄЕС надала Раді ЄЕС (далі – Комісія та Рада) меморандум, у якому сформулювала своє бачення енергетичної політики Співтовариства. Формулювання пріоритетів в енергетичній політиці було потрібно для вирішення двох найважливіших завдань: зменшення ризику, пов'язаного зі значною залежністю країн ЄЕС від імпортової нафти та інтеграції енергетичного сектора до спільного ринку Співтовариства.

У наступні роки (кінець 1960-х років – початок 1970-х років) акцент в енергетичній галузі змістився у бік безпечного енергопостачання. Хоча ідея створити внутрішній енергетичний ринок не знімалася з порядку денного.

До ідеї створення внутрішнього енергетичного ринку країни-члени ЄЕС неодноразово поверталися як у 1970-х роках, так і в першій половині 1980-х років. Але конкретних рішень тоді досягти не вдалося. Проте прийняття у грудні 1985 р. Єдиного європейського акту проклало шлях до утворення єдиного внутрішнього енергетичного ринку. У резолюції Ради ЄЕС у вересні 1986 р. в якості мети створення цього ринку було заявлено «забезпечення енергетичної безпеки, зниження витрат та підвищення економічної конкуренції». Основою подальших дій Співтовариства у цій сфері став документ Комісії «Внутрішній енергетичний ринок», прийнятий у 1988 р.

У 1970-ті роки зародився ще один пріоритет майбутньої енергетичної політики об'єднаної Європи, а саме – запобігання забрудненню довкілля внаслідок промислового розвитку. Тоді ж почали з'являтися перші наукові дослідження, в яких зверталася увага на питання, пов'язані із деградацією навколишнього середовища, спричиненою техногенною діяльністю. Наприклад, в 1972 р. вийшла стаття Дж. Соєра «Техногенний діоксид вуглецю та парниковий ефект», що доводить, що діоксид вуглецю (CO₂) антропогенного походження згубно впливає на клімат [12].

Враховуючи значний вплив енергетики на довкілля, в ЄЕС стали приділяти увагу екологічній складовій в енергетичній політиці. Але, разом з тим, на протязі 70-х-80-х років минулого століття помітного розвитку екологічної складової в енергетичній політиці ЄЕС не відбулося, хіба що у контексті колективного просування енергозбереження.

Пріоритети енергетичної політики ЄС у 1990–2020 рр. Маастріхтський договір (офіційно «Договір про Європейський Союз») — договір, що підписаний у 1992 року країнами Європейських співтовариств, започаткував Європейський Союз. Договір набув чинності 1 листопада 1993 року. Договір завершив процес врегулювання грошової та політичної систем європейських країн. Перетворення Співтовариства на Європейський Союз спочатку не призвело до значної зміни фокусу в його енергетичної політиці. Як і в попередні роки, акцент робився на диверсифікації імпорتنих поставок нафти. При цьому внутрішній енергетичний ринок почав формуватися паралельно. Так, у 1996 р. була прийнята Директива 96/92/ЄС про внутрішній ринок електроенергії [13], а у 1998 р. – Директива 98/30/ЄС про внутрішній ринок газу [14]. Одночасно ЄС став неухильно рухатися шляхом екологізації енергетики та економіки в цілому. У грудні 1993 р. ЄС схвалив Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату [15], а в квітні 1998 р. підписав Кіотський протокол, у якому наведені конкретні зобов'язання щодо скорочення викидів парникових газів. У травні 1999 р., після набрання чинності Амстердамським договором [16], енергетика в ЄС стала все більше розглядатися в контексті сталого розвитку.

На початку 2000-х років світовий ринок нафти вступив у період нестабільності та непередбачуваності. Як наслідок, біржові ціни на нафту стали надмірно волатильними. Для ЄС збереження такої ситуації загрожувало дефіцитом нафти та її непомірним подорожчанням [17]. Практично одночасно ЄС довелося вперше зіткнутися з певними ризиками у сфері газопостачання. Це призвело до того, що залежність від імпортного, переважно російського, газу стала сприйматися як загроза енергетичній безпеці ЄС.

Всі наступні кроки ЄС щодо формування внутрішнього енергетичного ринку, що охоплює головним чином сферу забезпечення електрикою та газом, стали розглядатися як в контексті зниження ціни для споживачів у ЄС на стратегічно важливі енергетичні ресурси, так і скорочення залежності від деяких постачальників, переважно російських, які стали сприйматися як ненадійні. Найбільші кроки у цьому напрямі продемонструвало ухвалення Третього енергетичного пакету [18]. Його газова директива поклала край домінуванню зовнішніх експортерів на енергетичному ринку ЄС, лібералізувала доступ до енергетичної інфраструктури та проголосила головним пріоритетом ЄС біржову торгівлю газом.

Щодо екологізації енергетичної сфери, то вона на початку XXI століття стала однією з основних складових дискурсу з енергетичних питань і навіть почала виступати в якості однією з головних рушійних сил реформи енергетичного сектора. У «Європейській стратегії сталої, конкурентоспроможної та безпечної енергетики» 2006 р. [19] Комісія виклала основні завдання енергетичної політики ЄС, при цьому одним з пріоритетів окреслено екологічно орієнтований розвиток енергетики.

У 2014–2020 роках відбувалося подальше посилення уваги до екологічних питань у європейській енергетиці. У 2015 р. було прийнято документ – Засади політики щодо клімату та енергетики на період з 2020 по 2030 рік [20]. Комісією запропоновано досягти у 2030 році скорочення викидів CO₂ в ЄС на 40% відносно базового показника викидів у 1990 році та збільшити частку відновлюваної енергії в ЄС принаймні до 27%. Слід зазначити, що цей цільовий показник в подальшому було переглянуто у бік збільшення.

25 лютого 2015 р. Європейська Комісія представила стратегію побудови Енергетичного союзу в Європі. У стратегії формування Енергетичного союзу ЄС 2015 р. на чільних місцях за пріоритетністю зазначено «енергоефективність» та «декарбонізацію економіки». У відповідному Повідомленні Комісії [21] держави-члени заохочуються визначати пріоритети політики енергоефективності, а транспорт і будівництво розглядаються як сектори з великим потенціалом для заходів з енергоефективності. Щодо декарбонізації економіки, у Повідомленні Комісії зазначається, що вона йде рука об руку з амбітною кліматичною

політикою ЄС. Комісія розглядає ЄС як глобальний центр розвитку відновлюваних джерел енергії наступного покоління.

За підписанням у 2016 р. Паризької угоди щодо клімату країни-члени ЄС зобов'язалися фокусом своєї кліматичної політики ставити боротьбу зі зміною клімату. Адже довгострокова ціль Паризької угоди полягає в тому, щоб утримати зростання середньої глобальної температури значно нижче 2°C порівняно з доіндустріальним рівнем, при цьому бажано обмежити підвищення до 1,5°C, визнаючи, що це суттєво зменшить негативні наслідки зміни клімату. Викиди парникових газів необхідно скоротити якнайшвидше та досягти кліматичної нейтральності до середини 21 століття. Щоб глобальне потепління не перевищувало 1,5°C, викиди потрібно скоротити приблизно на 50% до 2030 року.

У 2019 році Європейський Союз затвердив 4-й Енергопакет «Чиста енергія для усіх європейців» («Clean energy for all Europeans package»). Це набір з чотирьох Директив та чотирьох Регламентів, що містять обов'язкові для втілення державами ЄС вимоги до організації внутрішніх та загальноєвропейських ринків енергії. Їх виконання допоможе декарбонізувати енергетичну систему ЄС відповідно до стратегічних цілей. Розглянемо стратегічні цілі та основні індикативні показники, наведені у відповідних Директивах та Регламентах 4-го Енергопакету ЄС.

Щоб продемонструвати світове лідерство у сфері відновлюваної енергетики, ЄС встановив амбітну обов'язкову ціль – досягти частки 32% відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі ЄС до 2030 року. Оновлена Директива (EU) 2018/2001 про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел [22], яка містить це зобов'язання, набула чинності в грудні 2018 року.

Країни-члени ЄС усвідомлюють, що будівлі споживають близько 40% енергії та спричиняють 36% викидів CO₂, що робить їх найбільшим споживачем енергії в Європі. Підвищення енергоефективності будівель – це один із шляхів для досягнення енергетичних і кліматичних цілей. Директива (EU) 2018/844 про енергетичну ефективність будівель [23] окреслює конкретні заходи щодо підвищення енергоефективності будівельного сектору, оновлюючи та змінюючи багато попередніх правил (Директива 2010/31/ЄС).

Підвищення енергоефективності є ключовою метою 4-го Енергопакету, оскільки енергозбереження є ефективним способом скорочення викидів парникових газів, а також призводить до заощадження коштів споживачів. Тому ЄС встановив обов'язкові цілі щодо підвищення енергоефективності порівняно з нинішнім рівнем принаймні на 32,5% до 2030 року. Директива (EU) 2018/2002 з енергоефективності [24], яка діє з грудня 2018 року, визначає цю ціль.

Пакет також включає план ЄС щодо фундаментальної трансформації енергетичної системи Європи. Згідно з цією стратегією, кожна країна ЄС повинна розробити комплексні 10-річні національні енергетичні та кліматичні плани (NECP) на 2021-30 роки. NECP мають включати шляхи досягнення країнами-членами ЄС відповідних цілей за всіма 5 вимірами Енергетичного союзу, включаючи довгострокову перспективу до 2050 року. Відповідний акт – Регламент (EU) 2018/1999 щодо управління Енергетичним союзом і кліматичними діями [25] – діє з грудня 2018 року.

Наступна частина Пакету спрямована на створення сучасного дизайну європейського ринку електроенергії, адаптованого до нових комерційних реалій – більш гнучкого та з кращими можливостями для інтеграції більшої частки відновлюваних джерел енергії. Елементи дизайну ринку електроенергії наведені в 4-х нормативних актах: у Директиві (EU) 2019/944 про загальні правила внутрішнього ринку електроенергії [26], у Регламенті (EU) 2019/943 про внутрішній ринок електроенергії [27], у Регламенті (EU) 2019/941 щодо готовності до ризиків у секторі електроенергетики [28] та у Регламенті (EU) 2019/942 про

створення Агентства Європейського Союзу з питань співробітництва між енергетичними регуляторами [29].

У грудні 2019 р. Європейська Комісія презентувала «Європейський зелений курс» (European Green Deal) [30] – дорожню карту заходів, в якій ставиться на чільне місце розвиток чистих енерготехнологій у всіх сферах життєдіяльності та досягнення вуглецевої нейтральності в ЄС до 2050 р.

Влітку 2021 року Комісія представила пакет законодавчих ініціатив «Fit for 55» [31]. Планується зменшити до 2030 року викиди парникових газів на 55% порівняно з 1990 роком. А індикативна ціль щодо частки ВДЕ у 2030 році в енергобалансі Євросоюзу збільшується до 40%. Амбітні цілі, представлені в пакеті ініціатив «Fit for 55» загалом сприятимуть реалізації Європейського зеленого курсу.

Європейський кліматичний закон (European Climate Law) [32], що набув чинності 29 липня 2021 року, встановлює юридично обов'язкову ціль щодо досягнення нульового чистого викиду парникових газів до 2050 року. Інституції ЄС та держави-члени зобов'язані вжити необхідних заходів на рівні ЄС і на національному рівні для досягнення цієї мети. Цей закон включає амбітну ціль щодо клімату – скорочення до 2030 року чистих викидів парникових газів щонайменше на 55% порівняно з 1990 роком.

Таким чином, у найближчі десятиліття країнам-членам ЄС запропоновано за рахунок глибокої, хоча і дуже витратної модернізації енергетики та економіки звести до мінімуму споживання викопного вуглецевого палива, що є основним джерелом антропогенних викидів парникових газів, та досягти кліматичної нейтральності [33]. Для захисту ЄС від дешевого імпорту з країн, що не ставлять перед собою схожі амбітні кліматичні завдання, а також для запобігання «витіканню вуглецю» з Системи торгівлі викидами парникових газів (EU ETS), коли у європейців виникає спокуса економити на імпорті енергоресурсів, Брюссель запровадить спеціальні компенсуючі механізми (наприклад, у вигляді вуглецевого податку). Цей захід, крім його основних захисних функцій, дозволить ЄС спонукати своїх численних торгових партнерів активніше рухатися у напрямку розв'язування національних кліматичних завдань.

Безперечно, намір ЄС досягти у найближчому майбутньому екологічно чистого енергопостачання повністю вписується і у світові тренди [34]. Після Паризького кліматичного саміту 2015 р. до вуглецевої нейтральності де-юре або де-факто прямує переважна більшість країн світу, що передбачає їхню поступову відмову від викопного палива за рахунок розвитку відновлюваної енергетики. У випадку з Євросоюзом, який в значній мірі залежить від імпорту викопних видів палива, таких як нафта, газ та вугілля, такий вектор розвитку також означає автоматичне вирішення проблеми безпечного енергопостачання.

18 травня 2022 року Європейська комісія представила план REPowerEU [35] — свою відповідь на труднощі та кризою на світовому енергетичному ринку, спричинені російським військовим вторгненням в Україну. План передбачає диверсифікацію джерел постачання енергоресурсів, підвищення енергоефективності та перехід на екологічно чисту енергію.

При цьому зазначається, що нові реалії геополітики вимагають від ЄС різкого прискорення переходу на чисту енергію. REPowerEU — це план Європейської комісії щодо незалежності Європи від російського викопного палива задовго до 2030 року.

В плані REPowerEU Комісія пропонує збільшення цільового показника щодо частки відновлюваних джерел енергії в ЄС з 40% до 45% до 2030 року у рамках пакету «Fit for 55», а також підвищення цільового показника енергоефективності ЄС на 2030 рік з 9% до 13%.

Пріоритети енергетичної політики України в контексті євроінтеграційного вектору розвитку. Уклавши Угоду про асоціацію з ЄС, Україна заклала основи для подальшого розвитку. Угода про асоціацію з ЄС передбачає поступове наближення

законодавства України до права та політик ЄС у всіх сферах, зокрема і у сфері енергетики та політики сталого розвитку.

Слід зазначити, що питанням екологізації енергетики в Україні стали приділяти увагу вже давно. Так, у Законі України «Про електроенергетику» від 16.10.1997 № 575/97-ВР передбачено стимулювання вироблення електроенергії з ВДЕ шляхом застосування «зеленого» тарифу. В Законі України «Про альтернативні види палива» від 14.01.2000 № 1391-XIV визначено засади виробництва (видобутку) і використання альтернативних видів палива, а також організаційно-економічні механізми стимулювання виробництва та споживання таких видів палив. Нарешті, в Законі України «Про альтернативні джерела енергії» від 20.02.2003 № 555-IV висвітлено питання державного управління та регулювання у сфері альтернативних джерел енергії.

Законом України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» від 09.07.2010 № 2480-VI визначено правові та організаційні засади надання і використання земельних ділянок для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики, незалежно від цільового призначення таких земельних ділянок.

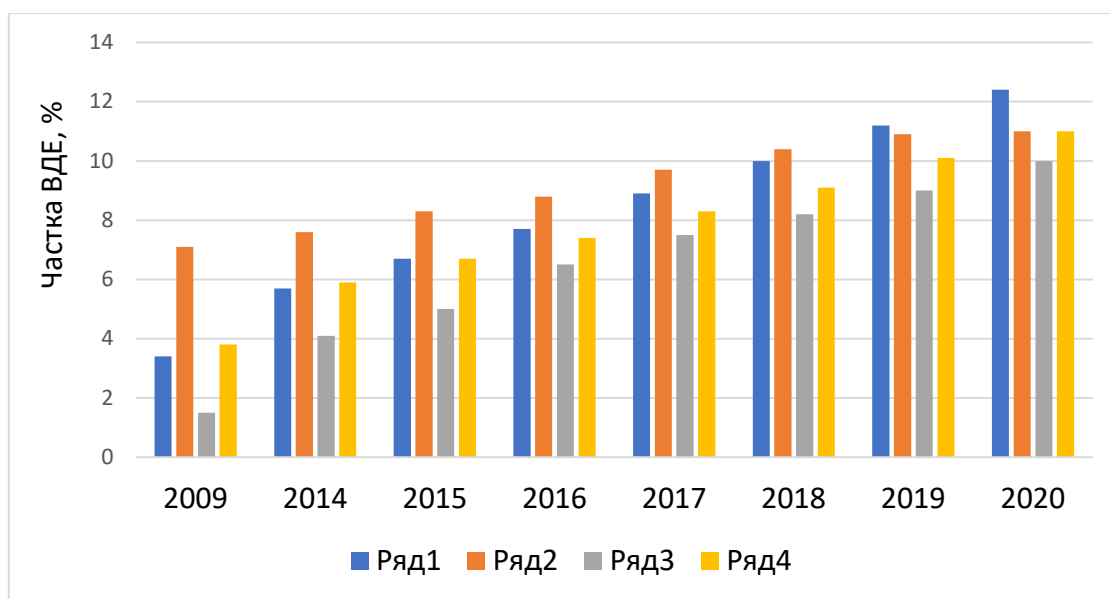
Підписання Закону України від 15 грудня 2010 р. «Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства» [36] заклало чіткий європейський вектор щодо подальшого формування енергетичної політики України. Згідно із цим законом з 1 лютого 2011 р. Україна стала повноправним членом Енергетичного співтовариства. Відповідно, Україна взяла на себе зобов'язання щодо імплементації до національного законодавства основних нормативно-правових актів Євросоюзу в галузі енергетики. Членство України в Енергетичному співтоваристві виконує роль драйвера у проведенні структурної реформи в енергетичній галузі, зокрема, в частині екологізації енергетики та впровадження принципів низьковуглецевої економіки.

У жовтні 2012 року ухвалено Рішення Ради Міністрів Енергетичного Співтовариства D/2012/04/MC-EnC «Про впровадження Директиви 2009/28/ЄС і внесення змін до Статті 20 Договору про заснування енергетичного Співтовариства». Відповідно до цього рішення країни-члени Співтовариства мають ввести в дію нормативно-правові акти та відповідні програми для виконання вимог **Директиви 2009/28/ЄС**.

Для впровадження положень **Директиви 2009/28/ЄС** розпорядженням Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2014 р. № 791-р затверджено відповідний план заходів [37]. Одне із положень цього розпорядження стосується постійного моніторингу обсягів енергії, виробленої з ВДЕ та висвітлюванні цієї інформації на офіційному веб-сайті.

Відповідно до вимог Директиви 2009/28/ЄС Кабінет Міністрів України своїм розпорядженням від 1 жовтня 2014 р. № 902-р затвердив «Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року» (НПДВЕ) [38]. План містить індикативну ціль щодо частки ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні у 2020 році, а також цільові показники щодо частки ВДЕ в системах опалення та охолодження, у виробництві електроенергії та транспортному секторі, які країна мала досягти у 2020 році (рис. 1).

Фактично [39], в Україні у 2020 році загальна частка енергії, виробленої з ВДЕ, у валовому кінцевому енергоспоживанні, становила 9,2% (при індикативній цілі – 11%). При цьому фактична частка енергії, виробленої з відновлюваних джерел, в електроенергетиці становила 13,9%; у системах опалення – 9,3%; у транспортному секторі – лише 2,5%. Тобто, можна констатувати, що лише національна індикативна ціль щодо частки ВДЕ в електроенергетиці у 2020 році була досягнута, а точніше, перевиконана. Якщо аналізувати вартість енергії, виробленої з ВДЕ в цей період, то, за оцінками Інституту відновлюваної енергетики України, вона була досить високою.



Джерело: [38].

Рис. 1. Національні індикативні цілі для ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії до 2020 року: ряд 1 – в системах опалення та охолодження; ряд 2 – в електроенергетиці; ряд 3 – у транспортному секторі; ряд 4 – загальна частка ВДЕ

16 вересня 2014 р. Верховна Рада України та Європейський Парламент ратифікували Угоду про асоціацію між Україною та ЄС. Ратифікація Угода надала поштовху для якісно нового рівня співробітництва між Україною та ЄС, в тому числі в сфері енергетики та забезпеченні сталого розвитку.

Законом України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії» від 04.06.2015 № 514-VIII [40] передбачено подальше державне стимулювання відновлюваної енергетики у вигляді «зеленого» тарифу, що, безумовно, посприяло подальшому розвитку відновлюваної енергетики.

Законом України «Про ратифікацію Паризької угоди» від 14.07.2016 № 1469-VIII [41] передбачено розвиток економіки України в контексті сталого розвитку.

У вересні 2017 року була схвалена Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [42]. Відповідно до цієї Стратегії заплановано збільшення використання ВДЕ до 25% від обсягів ЗППЕ до 2035 року. Це збільшення має досягатися завдяки: подальшому розвитку гідроенергетики (за умови підтвердження екологічної безпеки проєктів); розширенню інфраструктури для транспортних засобів, що використовують «зелене» паливо; ширшому впровадженню систем центрального опалення на енергії з відновлюваних джерел; заміщенню викопних видів палива іншими видами там, де це є економічно доцільним, а також технічно можливим.

У 2017 році Україна стала членом Міжнародного агентства з відновлювальних джерел енергії (IRENA) [43]. IRENA – це міждержавна міжнародна організація, створена в 2009 році для підтримки використання всіх форм відновлюваних джерел енергії. Членство України в цій організації має надати нового імпульсу розвитку відновлюваної енергетики в Україні.

В Законі України «Про ринок електроенергії» від 13.04.2017 № 2019-VIII [44] приділена увага зменшенню негативного техногенного впливу на довкілля та подальшому стимулюванню вироблення електроенергії з ВДЕ через встановлення «зеленого» тарифу та зобов'язання Гарантованого покупця купувати всю відпущену електроенергію у суб'єктів господарювання, яким встановлено такий тариф.

Законом України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» від 25.04.2019 № 2712-VIII [45] запроваджується надання державної підтримки суб'єктам господарювання у сфері відновлювальної енергетики виключно через аукціони з розподілу квоти.

Кабінет міністрів України Постановою від 03 березня 2021 р. № 179 затвердив Національну економічну стратегію на період до 2030 року [46]. У Стратегії зазначено, що одним з орієнтирів та цінність в економічній політиці є «декарбонізація економіки (підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії, розвиток циркулярної економіки та синхронізація із ініціативою “Європейський зелений курс”». Ціль – стимулювання енергоефективності у всіх секторах економіки на всіх етапах: від виробництва до споживання енергії.

Як відомо, 30 листопада 2021 року Рада Міністрів Енергетичного Співтовариства (в м. Белграді) рішенням № 2021/14/МС-ЕпС прийняла зобов'язання щодо впровадження четвертого енергетичного пакета ЄС. Україна разом з іншими країнами-членами Енергетичного Співтовариства прийняла на себе зобов'язання гармонізувати національне законодавство відповідно до низки директив ЄС, серед яких:

- Директива 2018/2001 «Про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел»;
- Директива 2018/2002 «Про енергоефективність».

У жовтні 2021 року Парламентом України прийнято Закон України «Про енергетичну ефективність», в п. 1 Статті 2 зазначається, що цей закон «...спрямований на посилення енергетичної безпеки, скорочення енергетичної бідності, сталий економічний розвиток, збереження первинних енергетичних ресурсів та скорочення викидів парникових газів» [47].

Наприкінці 2021 року розпорядження Кабінетів Міністрів України затверджено Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року [48]. Цей план спрямований на досягнення національної мети з енергоефективності – первинне та кінцеве споживання енергії в Україні у 2030 році не повинне перевищувати відповідно 91468 тис. та 50446 тис. тон нафтового еквіваленту.

Станом на сьогодні продовжується діяльність над імплементацією Директиви 2018/2001, відомої як RED-II.

Зокрема, з метою впровадження положень Директиви RED II розроблено проект Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики (НПД ВЕ) на період до 2030 року [49], в якому індикативна ціль щодо споживання енергії з відновлюваних джерел у 2030 році становить 27%. Також наведені секторальні індикативні показники. В проекті НПД ВЕ передбачено заходи, які забезпечать сталий розвиток галузі. В документі, зокрема, акцентується увага на стимулюванні використання енергоносіїв з ВДЕ у транспортному секторі. Як відомо, національна індикативна ціль для ВДЕ у транспортному секторі у 2020 році не була досягнута, фактична частка ВДЕ у кінцевому споживанні енергії на транспорті становила лише 2,5%, в той час як була намічена індикативна ціль у 10%. Тому зрозуміло, що в проекті НПД ВЕ приділено увагу саме декарбонізації транспортного сектора з відповідною індикативною ціллю – фактична частка ВДЕ у кінцевому споживанні енергії на транспорті у 2030 році має становити 14%.

Іншим найважливішими питаннями, що планується вирішити – це стимулювання виробництва «чистої» електроенергії на ринкових засадах та запровадження механізму видачі гарантії походження електроенергії.

Аналізуючи систему підтримки виробництва «чистої» електроенергії за моделлю «зеленого» тарифу, можна зазначити, що вона призвела до деяких проблем. Однією з головних проблема є, безумовно, висока вартість «зеленого» тарифу.

З ціллю забезпечення розвитку відновлюваної енергетики на ринкових засадах Кабінетом Міністрів України прийнято постанову від 27 грудня 2019 року № 1175 «Про запровадження конкурентних умов стимулювання виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії». Цією постановою затверджено Порядок проведення аукціонів з розподілу квоти підтримки.

В проєкті НПД ВЕ на період до 2030 року пропонується запровадження системи Feed-in-Premium або контрактів на різницю для виробників з альтернативних джерел (як для існуючих договорів купівлі-продажу за "зеленим" тарифом так і за договорами, укладеними майбутніми переможцями аукціонів) замість фіксованих платежів за «зеленим» тарифом – Feed-in-Tariff.

Слід зазначити, що в рамках виконання Україною своїх євроінтеграційних зовов'язань прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва біометану» [50], у розробленні якого брало участь Держенергоефективності. Також Розроблено Порядок функціонування реєстру біометану. Із врахуванням засад Директиви RED-II ведеться робота над Водневою стратегією України.

Наприкінці 2022 року була представлена дорожня карта розробки та імплементації механізму видачі гарантій походження енергії. Реалізація цього механізму буде сприяти зближенню засад регулювання ринків ВДЕ України та ЄС.

Можна констатувати, що за останні роки українська влада зробила ряд важливих кроків для вдосконалення законодавчого підґрунтя. Україна продовжує свій послідовний поступ у напрямку виконання євроінтеграційних зобов'язань щодо імплементації *acquis communautaire* ЄС у сфері енергетики та енергетичної ефективності в рамках Договору про заснування Енергетичного Співтовариства та Угоди про асоціацію з ЄС.

Разом з тим, в [51] зазначається, що «законодавство ЄС в усіх сферах є динамічним, а не сталим процесом. Для України не передбачений механізм імплементації найновіших редакцій документів в тій чи іншій сфері. За таких умов Україна завжди «наздоганятиме» ЄС та не матиме належного рівня імплементації законодавства». З цим важко не погодитися, особливо в теперішній момент, коли ЄС стикнувся з безпрецедентними викликами в сфері енергетичної безпеки, і можна прогнозувати, що індикативні показники щодо частки ВДЕ в енергобалансі ЄС будуть переглянуті на нормативному рівні в бік збільшення вже в найближчий час. Адже розвиток відновлюваної енергетики сприяє не лише вирішенню кліматичних проблем, але також вирішує проблему енергозабезпечення країн-членів ЄС. Про це свідчить згаданий вище план REPowerEU, представлений в травні цього року Європейською Комісією.

Голова правління громадської спілки Global 100 RE Ukraine О. Домбровський [52] вважає, що треба на політичному рівні визнати розвиток ВДЕ в Україні основою майбутнього розвитку і декарбонізації енергетики і економіки, розробити комплексну програму зеленого переходу України, аналогічну Європейському зеленому курсу (European Green Deal) та прийняти нову енергетичну стратегію України до 2050 року з амбітною ціллю для розвитку ВДЕ (мінімум 70% ВДЕ в загальному постачанні первинної енергії). Так, дійсно, прийняття нової енергетичної стратегії до 2050 року є актуальним завданням, адже в ЄС вже оголошено про стратегічні енергетичні цілі до 2050 року, а саме, про досягнення кліматичної нейтральності.

Відомо, що пакет законодавчих ініціатив «Fit for 55» [31], що згадувався вище, містить 13 законодавчих пропозицій, частина з яких передбачають перегляд чинного законодавства, а деякі є абсолютно новими, серед яких: CBAM – пропозиція щодо механізму прикордонного вуглецевого коригування; ReFuelEU Aviation – ініціатива щодо збільшення частки сталих авіаційних палив; FuelEU Maritime – ініціатива щодо стимулювання використання відновлюваного та низьковуглецевого палива у морському транспорті. Реалізація цих

ініціатив матиме наслідки не лише для країн-членів ЄС, а й для будь-якої країни, яка планує надалі підтримувати тісні економічні відносини з країнами Євросоюзу, у тому числі і для України. Особливо відчутним для України може бути ефект від запровадження однієї з пропозицій — механізму прикордонного вуглецевого коригування (Carbon Border Adjustment Mechanism). Тому, на нашу думку, з метою ефективного залучення України до формування політики у відповідності до Європейського зеленого курсу необхідно здійснювати всебічний аналіз найновіших редакцій актів законодавства, програм та ініціатив ЄС в галузі захисту довкілля, відновлюваної енергетики та енергоефективності, щоб вчасно адаптувати національне законодавство до вимог нормативно-правових актів ЄС в рамках виконання Україною своїх євроінтеграційних зовов'язань.

Також вважаємо за доцільне розроблення концепції створення національного «фонду декарбонізації», який би мав повноваження залучати міжнародні грантові кошти, ухвалювати програми стимулювання вітчизняних підприємств до модернізації власних виробництв з ціллю підвищення енергоефективності та зменшення викидів парникових газів.

Висновки.

1. Виконано аналіз нормативно-правових актів, стратегій та програм ЄС та України в сфері відновлюваної енергетики та енергоефективності; досліджено еволюцію інтеграції екологічної та енергетичної політики в ЄС та Україні.

2. Встановлено, що за останній період в ЄС прийнято ряд нормативно-правових актів, програм та планів в сфері енергетики, в яких пріоритетом є розвиток чистих енерготехнологій, збільшення частки ВДЕ в енергобалансі, підвищення енергоефективності, окрім цього, встановлена амбітна ціль щодо досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. В Україні, зі свого боку, продовжується процес адаптації законодавства у сфері енергетики до вимог відповідних нормативно-правових актів ЄС. Разом з тим встановлено, що євроінтеграційні реформи в енергетиці здійснюються дещо повільно.

3. Обґрунтована необхідність оцінки впливу запровадження європейського механізму прикордонного вуглецевого коригування на енергетичний сектор України та врахування нових ініціатив ЄС, наприклад, щодо збільшення частки сталих авіаційних палив та стимулювання використання відновлюваного та низьковуглецевого палива у морському транспорті під час розробки національних програм дій з розвитку відновлюваної енергетики.

References

1. Buchan, D. (2009). *Energy and Climate Change: Europe at the Crossroads*. Oxford: Oxford University Press.
2. Jacobsson, S., Bergek, A., Finon, D., Lauber, V., Mitchell, C., Toke, D. and Verbruggen, A. (2009). EU renewable energy support policy: Faith or facts? *Energy Policy*, No. 37(6), P. 2143–2146.
3. Nilsson, M., Nilsson, L. J. and Ericsson, K. (2009). The rise and fall of GO trading in European renewable energy policy: the role of advocacy and policy framing. *Energy Policy*, No. 37(11), P. 4454–4462.
4. Morata, F. and Solorio, I. (eds.) (2010). *European Energy Policy: The Environmental Dimension*. Barcelona: Autonomous University of Barcelona.

Література

1. Buchan D. *Energy and Climate Change: Europe at the Crossroads*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
2. Jacobsson S., Bergek A., Finon D., Lauber V., Mitchell C., Toke D. and Verbruggen A. EU renewable energy support policy: Faith or facts? *Energy Policy*. 2009. No. 37(6). P. 2143–2146.
3. Nilsson M., Nilsson L. J. and Ericsson K. The rise and fall of GO trading in European renewable energy policy: the role of advocacy and policy framing. *Energy Policy*. 2009. No. 37(11). P. 4454–4462.
4. *European Energy Policy: The Environmental Dimension*. Eds. F. Morata and I. Solorio. Barcelona: Autonomous University of Barcelona, 2010.

5. Heletukha, H. H., Zheliezna, T. A. & Drozdova, O. I. (2011). Analiz mekhanizmv stymuliuvannia rozvytku «zelenoi» elektroenerhetyky v Yevropejs'komu Soiuzi [Analysis of mechanisms for stimulating the development of "green" electricity in the European Union]. *Promyslova teplotekhnika = Industrial heat engineering*, Vol. 33, No. 5, P. 35–41 [in Ukrainian].
6. Heletukha, H. H., Zheliezna, T. A. & Drozdova, O. I. (2012). Analiz mekhanizmv stymuliuvannia vyrobnytstva teplovoi enerhii z biomasy v Yevropejs'komu soiuzi [Analysis of mechanisms for stimulating the production of thermal energy from biomass in the European Union]. *Promyshlennaia teplotekhnika = Industrial heat engineering*, Vol. 34, No. 3, P. 67–72 [in Ukrainian].
7. Heletukha, H. H. (2020). Analiz kontseptsii zelenoho enerhetychnoho perekhodu Ukrainy do 2050 r. [Analysis of the concept of green energy transition of Ukraine until 2050]. *Bioenerhetyka = Bioenergy*, No. 1 (15), P. 38–39 [in Ukrainian].
8. Heletukha, H. H., Zheliezna, T. A., Bashtovyy, A. I. (2016). Analiz enerhetychnykh stratehij krain YeS ta svitu i roli v nykh vidnovliuvanykh dzherel enerhii. Chastyna 1 [Analysis of the global and EU energy strategies and the role of renewable energy sources in them. Part 1]. *Promyslova teplotekhnika = Industrial heat engineering*, Vol. 38, № 2, P. 56–64 [in Ukrainian].
9. Heletukha, H. H., Zheliezna, T. A., Bashtovyy, A. I. (2016). Analiz enerhetychnykh stratehij krain YeS ta svitu i roli v nykh vidnovliuvanykh dzherel enerhii. Chastyna 2. [Analysis of the global and EU energy strategies and the role of renewable energy sources in them. Part 2]. *Promyslova teplotekhnika = Industrial heat engineering*, Vol. 38, No. 3, P. 57–66 [in Ukrainian].
10. Korobko, B. (2006). Enerhetyka ta stalyy rozvytok [Energy and sustainable development]. Kyiv: VЕНО "МАМА+86". 40 p. [in Ukrainian].
11. Shevchuk, V. Ya., Biliavs'kyj, H. O. & Satalkin, Yu. M. (2002). Ekologizatsiia enerhetyky: navch. posib [Ecologization of energy]. Kyiv: Vyscha osvita. 111 p. [in Ukrainian].
12. Sawyer, J. S. (1972). Man-made Carbon Dioxide and the "Greenhouse" Effect. *Nature*, Vol. 239, P. 23–26. URL: <https://www.nature.com/articles/239023a0>.
13. Directive 96/92/EC of the European Parliament and of the Council of 19 December 1996 concerning common rules for the internal market in electricity. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31996L0092>.
14. Directive 98/30/EC of the European Parliament and of the Council of 22 June 1998 concerning common rules for the internal market in natural gas. URL: <https://eur->
5. Гелету́ха Г. Г., Желе́зна Т. А., Дроздова О. І. Аналіз механізмів стимулювання розвитку «зеленої» електроенергетики в Європейському Союзі. *Промислова теплотехніка*. 2011. Т. 33, № 5. С. 35–41.
6. Гелету́ха Г. Г., Желе́зна Т. А., Дроздова О. І. Аналіз механізмів стимулювання виробництва теплової енергії з біомаси в Європейському союзі. *Промышленная теплотехника*. 2012. Т. 34, № 3. С. 67–72.
7. Гелету́ха Г. Г. Аналіз концепції зеленого енергетичного переходу України до 2050 р. *Біоенергетика*. 2020. № 1 (15). С. 38–39.
8. Гелету́ха Г. Г., Желе́зна Т. А., Баштовий А. І. Аналіз енергетичних стратегій країн ЄС та світу і ролі в них відновлюваних джерел енергії. Частина 1. *Промислова теплотехніка*. 2016. Т. 38, № 2. С. 56–64.
9. Гелету́ха Г. Г., Желе́зна Т. А., Баштовий А. І. Аналіз енергетичних стратегій країн ЄС та світу і ролі в них відновлюваних джерел енергії. Частина 2. *Промислова теплотехніка*. 2016, Т. 38, № 3. С. 57–66.
10. Коробко Б. Енергетика та сталий розвиток. Київ: ВЕГО "МАМА+86", 2006. 40 с.
11. Шевчук В. Я., Білявський Г. О., Саталкін Ю. М. Екологізація енергетики: навч. посіб. Київ: Вища освіта, 2002. 111 с.
12. Sawyer J. S. Man-made Carbon Dioxide and the "Greenhouse" Effect. *Nature*. 1972. Vol. 239. P. 23–26. URL: <https://www.nature.com/articles/239023a0>.
13. Directive 96/92/EC of the European Parliament and of the Council of 19 December 1996 concerning common rules for the internal market in electricity. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31996L0092>.
14. Directive 98/30/EC of the European Parliament and of the Council of 22 June 1998 concerning common rules for the internal

[lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31998L0030](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31998L0030).

15. 94/69/EC: Council Decision of 15 December 1993 concerning the conclusion of the United Nations Framework Convention on Climate Change. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31994D0069>.

16. Treaty of Amsterdam amending the Treaty on European Union, the Treaties establishing the European Communities and certain related acts. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/treaty/ams/sign>.

17. Claes, D. H. (2018). The Global Oil Market and EU Energy Security. In: *Energy Security in Europe. Energy, Climate and the Environment*. Ed. Szulecki, K. (eds.). Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64964-1_12.

18. Third energy package. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation/third-energy-package_en.

19. COM(2006) 105 final. A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy. URL: https://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com2006_105_en.pdf.

20. COM/2014/015 final. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52014DC0015>.

21. COM(2015) 80 final. A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0001.03/DOC_1&format=PDF.

22. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. Official Journal of the European Union, L328. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC.

23. Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union, L156. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?toc=OJ:L:2018:156:TOC&uri=uriserv:OJ.L_.2018.156.01.0075.01.ENG.

market in natural gas. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31998L0030>.

15. 94/69/EC: Council Decision of 15 December 1993 concerning the conclusion of the United Nations Framework Convention on Climate Change. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31994D0069>.

16. Treaty of Amsterdam amending the Treaty on European Union, the Treaties establishing the European Communities and certain related acts. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/treaty/ams/sign>.

17. Claes D. H. The Global Oil Market and EU Energy Security. *Energy Security in Europe. Energy, Climate and the Environment*. Ed. K. Szulecki. London: Palgrave Macmillan, 2018. P. 311–331. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-64964-1_12.

18. Third energy package. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation/third-energy-package_en.

19. COM(2006) 105 final. A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy. URL: https://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com2006_105_en.pdf.

20. COM/2014/015 final. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52014DC0015>.

21. A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy. COM(2015) 80 final. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0001.03/DOC_1&format=PDF.

22. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC.

23. Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?toc=OJ:L:2018:156:TOC&uri=uriserv:OJ.L_.2018.156.01.0075.01.ENG.

24. Directive (EU) 2018/2002 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Official Journal of the European Union, L328. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0210.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC.

25. Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the Governance of the Energy Union and Climate Action, amending Regulations (EC) No 663/2009 and (EC) No 715/2009 of the European Parliament and of the Council, Directives 94/22/EC, 98/70/EC, 2009/31/EC, 2009/73/EC, 2010/31/EU, 2012/27/EU and 2013/30/EU of the European Parliament and of the Council, Council Directives 2009/119/EC and (EU) 2015/652 and repealing Regulation (EU) No 525/2013 of the European Parliament and of the Council. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC.

26. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. Official Journal of the European Union, L158. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.158.01.0125.01.ENG&toc=OJ:L:2019:158:TOC.

27. Regulation (EU) 2019/943 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the internal market for electricity. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.158.01.0054.01.ENG&toc=OJ:L:2019:158:TOC.

28. Regulation (EU) 2019/941 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on risk-preparedness in the electricity sector and repealing Directive 2005/89/EC. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.158.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2019:158:TOC.

29. Regulation (EU) 2019/942 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 establishing a European Union Agency for the Cooperation of Energy Regulators. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.158.01.0022.01.ENG&toc=OJ:L:2019:158:TOC.

30. Delivering the European Green Deal. URL: https://ec.europa.eu/clima/news-your-voice/news/delivering-european-green-deal-2021-07-14_en.

24. Directive (EU) 2018/2002 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0210.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC.

25. Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the Governance of the Energy Union and Climate Action, amending Regulations (EC) No 663/2009 and (EC) No 715/2009 of the European Parliament and of the Council, Directives 94/22/EC, 98/70/EC, 2009/31/EC, 2009/73/EC, 2010/31/EU, 2012/27/EU and 2013/30/EU of the European Parliament and of the Council, Council Directives 2009/119/EC and (EU) 2015/652 and repealing Regulation (EU) No 525/2013 of the European Parliament and of the Council. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC.

26. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.158.01.0125.01.ENG&toc=OJ:L:2019:158:TOC.

27. Regulation (EU) 2019/943 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the internal market for electricity. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.158.01.0054.01.ENG&toc=OJ:L:2019:158:TOC.

28. Regulation (EU) 2019/941 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on risk-preparedness in the electricity sector and repealing Directive 2005/89/EC. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.158.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2019:158:TOC.

29. Regulation (EU) 2019/942 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 establishing a European Union Agency for the Cooperation of Energy Regulators. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.158.01.0022.01.ENG&toc=OJ:L:2019:158:TOC.

30. Delivering the European Green Deal. URL: https://ec.europa.eu/clima/news-your-voice/news/delivering-european-green-deal-2021-07-14_en.

31. Fit for 55. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.

32. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>.

33. Ringel, M., Bruch, N., Knodt, M. (2021). Is clean energy contested? Exploring which issues matter to stakeholders in the European Green Deal. *Energy Research & Social Science*, Vol. 77. July. 102083. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629621001766>.

34. Eyl-Mazzega, M.-A. (2020). Energy, climate and the COVID-19 shocks: double or quits. *Edito Energie (Ifri)*. April 9, 2020. 6 p. URL: https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/edito_uk_maem_covid_energie_2020_okes.pdf.

35. REPowerEU Plan. COM/2022/230 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483>.

36. Pro ratyfikatsiiu Protokolu pro pryiednannia Ukrainy do Dohovoru pro zasnuvannia Enerhetychnoho Spivtovarystva [On the ratification of the Protocol on the Accession of Ukraine to the Treaty on the Establishment of the Energy Community: Law of Ukraine No. 2787-VI dated 15.12.2010]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2787-17/conv#Text> [in Ukrainian].

37. Pro zatverdzhennia planu zakhodiv z implementatsii Dyrektyvy Yevropejs'koho Parlamentu ta Rady 2009/28/Yes [On the approval of the plan of measures for the implementation of Directive 2009/28/EU of the European Parliament and of the Council: Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 791-p. from September 3, 2014]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791-2014-%D1%80#Text> [in Ukrainian].

38. Pro Natsional'nyj plan dij z vidnovliuvanoi enerhetyky na period do 2020 roku [About the National Renewable Energy Action Plan for the period until 2020: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 902-r dated October 1, 2014]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80#n10> [in Ukrainian].

39. State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine. 9,2% – chastka «chystoi» enerhii u kintsevomu enerhospozhyvanni Ukrainy u 2020 rotsi [State Energy Efficiency. 9.2% – the share of "clean" energy in the final

31. Fit for 55. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.

32. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>.

33. Ringel M., Bruch N., Knodt M. Is clean energy contested? Exploring which issues matter to stakeholders in the European Green Deal. *Energy Research & Social Science*. 2021. Vol. 77. July. 102083. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629621001766>.

34. Eyl-Mazzega M.-A. (2020) Energy, climate and the COVID-19 shocks: double or quits. *Edito Energie (Ifri)*. April 9, 2020. 6 p. URL: https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/edito_uk_maem_covid_energie_2020_okes.pdf.

35. REPowerEU Plan. COM/2022/230 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483>.

36. Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства: Закон України № 2787-VI від 15.12.2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2787-17/conv#Text>.

37. Про затвердження плану заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС: Розпорядження Кабінету міністрів України № 791-р. від 3 вересня 2014 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791-2014-%D1%80#Text>.

38. Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету міністрів України № 902-р від 1 жовтня 2014 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80#n10>.

39. Держенергоефективності. 9,2% – частка «чистої» енергії у кінцевому енергоспоживанні України у 2020 році. URL: <https://saee.gov.ua/uk/news/4043>.

- energy consumption of Ukraine in 2020]. URL: <https://sae.gov.ua/uk/news/4043> [in Ukrainian].
40. Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy schodo zabezpechennia konkurentnykh umov vyrobnytstva elektrychnoi enerhii z al'ternatyvnykh dzherel enerhii [On amendments to some laws of Ukraine on ensuring competitive conditions for the production of electricity from alternative energy sources: Law of Ukraine No. 2712-VIII dated 04/25/2019]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2712-19#Text> [in Ukrainian].
41. Pro ratyfikatsiiu Paryz'koi uhody [On the ratification of the Paris Agreement: Law of Ukraine No. 1469-VIII dated July 14, 2016]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1469-19#Text> [in Ukrainian].
42. Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy na period do 2035 roku "Bezpeka, enerhoefektyvnist', konkurentospromozhnist' [On the approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period until 2035 "Safety, energy efficiency, competitiveness: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 605-r dated August 18, 2017]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
43. Pro pryiednannia Ukrainy do Statutu Mizhnarodnoho ahentstva vidnovliuval'nykh dzherel enerhii (IRENA) [On the accession of Ukraine to the Charter of the International Renewable Energy Agency (IRENA): Law of Ukraine No. 2222-VIII dated 05.12.2017]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2222-19#Text> [in Ukrainian].
44. Pro rynek elektrychnoi enerhii [On the electric energy market: Law of Ukraine No. 2019-VIII dated 04/13/2017 (Editorial as of 12/09/2021)]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> [in Ukrainian].
45. Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy schodo zabezpechennia konkurentnykh umov vyrobnytstva elektrychnoi enerhii z al'ternatyvnykh dzherel enerhii [On amendments to some laws of Ukraine on ensuring competitive conditions for the production of electricity from alternative energy sources: Law of Ukraine No. 2712-VIII dated 04/25/2019]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2712-19#Text> [in Ukrainian].
46. Pro zatverdzhennia Natsional'noi ekonomichnoi stratehii na period do 2030 roku [On the approval of the National Economic Strategy for the period until 2030: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 179 of March 3, 2021]. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179> [in Ukrainian].
47. Pro enerhetychnu efektyvnist' [On energy efficiency: Law of Ukraine No. 1818-IX dated 10/21/2021]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-IX#Text> [in Ukrainian].
48. Pro Natsional'nyj plan dij z enerhoefektyvnosti na period do 2030 roku [On the National Energy Efficiency
40. Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії: Закон України № 2712-VIII від 25.04.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2712-19#Text>.
41. Про ратифікацію Паризької угоди: Закон України № 1469-VIII від 14.07.2016. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1469-19#Text>.
42. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність: Розпорядження Кабінету міністрів України № 605-р від 18 серпня 2017 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
43. Про приєднання України до Статуту Міжнародного агентства відновлювальних джерел енергії (IRENA): Закон України № 2222-VIII від 05.12.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2222-19#Text>.
44. Про ринок електричної енергії: Закон України № 2019-VIII від 13.04.2017 (Редакція станом на 09.12.2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>.
45. Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії: Закон України № 2712-VIII від 25.04.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2712-19#Text>.
46. Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року: Постанова Кабінету міністрів України № 179 від 03 березня 2021 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a179>.
47. Про енергетичну ефективність: Закон України № 1818-IX від 21.10.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-IX#Text>.
48. Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року:

- Action Plan for the period until 2030: Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine of December 29, 2021 No. 1803-p.]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
49. Proekt Natsional'noho planu dij z rozvytku vidnovliuvanoi enerhetyky na period do 2030 roku [The project of the National action plan for the development of renewable energy for the period until 2030]. URL: <https://sae.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii> [in Ukrainian].
50. Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy schodo rozvytku vyrobnytstva biometanu [On amendments to some laws of Ukraine regarding the development of biomethane production: Law of Ukraine No. 1820-IX dated 10/21/2021]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1820-20#Text> [in Ukrainian].
51. Doronina, I. I. (2020). Normatyvno-pravove zabezpechennia rozvytku vidnovliuvanoi enerhetyky v Ukraini [Regulatory and legal support for the development of renewable energy in Ukraine]. *Derzhavne upravlinnia ta mistseve samovriaduvannia = State administration and local self-government*, Iss. 1 (44), P. 31–43 [in Ukrainian].
52. Vidnovliuvana enerhetyka: zavdannia na 2022 [Renewable energy: tasks for 2022]. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/01/11/681321/> [in Ukrainian].
- Розпорядження Кабінету міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1803-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#Text>.
49. Проект Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року. URL: <https://sae.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii>.
50. Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва біометану: Закон України № 1820-IX від 21.10.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1820-20#Text>.
51. Дороніна І. І. Нормативно-правове забезпечення розвитку відновлюваної енергетики в Україні. *Державне управління та місцеве самоврядування*. 2020. Вип. 1 (44). С. 31–43.
52. Відновлювана енергетика: завдання на 2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/01/11/681321/>.



Co-funded by
the European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or European Education and Culture Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

KUZNIETSOVA OLENA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Biotechnology,
National Aviation University, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1786-314X>
Scopus ID: [57216157203](https://orcid.org/0000-0002-1786-314X)
E-mail: ekyznec@ukr.net

KORNIYENKO IRINA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Biotechnology,
National Aviation University, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3872-0957>
<http://irbis-nbuy.gov.ua/ASUA/0080598>
E-mail: irina.kornienko.1979@gmail.com

YASTREMSKA LARYSA

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Associate Professor,
National Aviation University, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5832-0360>
Scopus Author ID: 36827456100
Web of Science ResearcherID: Q-1199-2019
E-mail: lsyastremskaya@gmail.com

BARANOVSKYY MYKHAILO

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Department of Biotechnology,
National Aviation University, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4935-7276>
Scopus Author ID: 7004062083
E-mail: izbarvinok@gmail.com

КУЗНЄЦОВА Е. А., ЯСТРЕМСКАЯ Л. С., КОРНИЄНКО І. М., БАРАНОВСКИЙ М. Н.

Национальный авиационный университет, Киев, Украина

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОРИЕНТИРЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ ЕС И УКРАИНЫ

Цель. Целью работы является исследование формирования экологических ориентиров в энергетической политике ЕС и Украины, определение некоторых проблемных вопросов, характеризующих современное состояние процесса экологизации энергетики и нахождение соответствующих решений этих проблем.

Методика. Анализ нормативно-правовых актов ЕС и Украины в области возобновляемой энергетики и энергоэффективности, а также литературных источников, в которых освещаются проблемы процесса экологизации энергетики.

Результаты. Выполнен анализ внедрения экологических ориентиров в энергетическую политику и акты законодательства ЕС и Украины. Исследовано состояние адаптации национального законодательства в сфере энергетики к требованиям ряда Директив ЕС. Раскрыты основные задачи, стоящие перед Украиной в связи с провозглашением Европейского зеленого курса и амбициозных планов реформирования энергетического сектора ЕС с целью достижения климатической нейтральности в 2050 году. Рассмотрены пути эффективного вовлечения Украины в формирование политики в рамках Европейского зеленого курса.

Научная новизна. Выполнена систематизация и сравнение нормативно-правовых актов ЕС и Украины с точки зрения интеграции экологических ориентиров в энергетическую политику и обозначены проблемные аспекты государственного нормативно-правового регулирования в сфере возобновляемой энергетики и энергоэффективности в контексте евроинтеграционного вектора развития Украины.

Практическое значение. Предложения, касающиеся активного сотрудничества с ЕС на всех этапах разработки нормативно-правовых актов и учета новых экологически ориентированных инициатив ЕС в сфере энергетики при разработке национальных программ действий по развитию возобновляемой энергетики, позволят своевременно адаптировать национальное законодательство к современным вызовам и более эффективно воплощать принципы устойчивого развития.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика; устойчивое развитие; низкоуглеродистая экономика; возобновляемые источники энергии; экологическая политика; парниковые газы; энергоэффективность.

KUZNIETSOVA O. O., YASTREMSKA L. S., KORNIYENKO I. M., BARANOVSKYY M. M.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ENVIRONMENTAL ORIENTATION OF ENERGY POLICY OF THE EU AND UKRAINE

Purpose. The purpose of the work is to study the development of integration of environmental goals in the energy policy of the EU and Ukraine, to identify some problematic issues that characterize the current state of the energy greening process, and to find appropriate solutions for solving these problems.

Methodology. Analysis of regulatory legal acts of the EU and Ukraine in the field of renewable energy and energy efficiency, and literary sources, which highlight the problems of the process of “green” energy development.

Findings. An analysis of the introduction of environmental goals to the energy policy and legislative acts of the EU and Ukraine was performed. The state of adaptation of national legislation in the field of energy to the requirements of a number of EU Directives has been studied. The main tasks to be performed by Ukraine in connection with the announcement of the European Green Deal and ambitious plans for reforming the EU energy sector with the aim of achieving climate neutrality in 2050 are revealed. Ways of effective involvement of Ukraine in policy formation within the framework of the European Green Deal are considered.

Originality. The systematization and comparison of the regulatory and legal framework of the EU and Ukraine from the point of view of the integration of environmental goals into the energy policy was carried out, and problematic aspects of state regulatory and legal regulation in the field of renewable energy and energy efficiency in the context of the European integration vector of Ukraine's development are outlined.

Practical value. *Proposals regarding active cooperation with the EU at all stages of the development of regulatory and legal acts and taking into account new environmentally oriented initiatives of the EU in the field of energy during the development of national action programs for the development of renewable energy will allow timely adaptation of national legislation to modern challenges and more effective implementation of the principles of sustainable development.*

Keywords: *renewable energy; sustainable development; low-carbon economy; renewable energy sources; environmental policy; greenhouse gases; energy efficiency.*

УДК 687.053.14

МАНОЙЛЕНКО О. П., ГОРОБЕЦЬ В. А., ДВОРЖАК В. М.,
ПИСАРЕНКО Д. Д., БИЛИК К. А.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА РОЗРОБЛЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ МЕХАНІЗМІВ ПОДАЧІ ГОЛКОВИХ НИТОК ШВЕЙНИХ МАШИН ЛАНЦЮГОВОГО СТІБКА

Мета: розроблення класифікації за структурними ознаками та аналіз застосування відомих механізмів подачі голкових ниток (МППН) швейних машин ланцюгового стібка різних типів (100, 400, 500, 600 та 800).

Методика включає основні етапи структурно-топологічного аналізу, а саме: формування функціональних задач, розділення об'єктів МППН за принциповим та функціональним аспектом на елементи (ланки, ниткоподавачі, нитконапрямники, регулятор натягу нитки, можливості регулювання закону та величини подачі нитки тощо), проведення топологічної декомпозиції МППН та відношень між ними, не вникаючи у їх змістовний опис, групування за типом та реалізації типу стібка.

Результати: отримано узагальнену класифікацію МППН, яка враховує тип механізму, приналежність до типу ланок, наявність систем автоматизованого контролю та електромеханічних пристроїв. Окрім цього МППН структуровані в групи у відповідності застосування їх в швейних машинах для утворення певних типів ланцюгових стібків.

Наукова новизна полягає в структурно-топологічному аналізі МППН швейних машин ланцюгового стібка та розробці їх класифікації.

Практична значимість: систематизація відомих МППН, що полегшує вибір їх структури при проектуванні швейних машин ланцюгового стібка.

Ключові слова: механізм подачі нитки швейних машин; швейні машини; ланцюговий стібок; класифікація механізмів подачі голкової нитки; структури механізмів подачі голкових ниток; проектування швейних машин.

Вступ. МППН швейних машин різних класів характеризуються значним різноманіттям структури та конструкції порівняно, наприклад, з відповідними механізмами швейних машин човникового стібка в яких здебільшого застосовано 4 типи аналогічних механізмів (кулачковий, кулісний, кривошипно-коромисловий, ротаційний).

Механізм подачі нитки є одним з основних механізмів даних машин. Його робота забезпечує правильну взаємодію нитки з іншими робочими органами в процесі утворення ланцюгових стібків. Тому механізми подачі нитки проектують після розробки решти механізмів швейних машин. Це є найбільш відповідальним моментом, якщо врахувати те, що ниткоподавач повинен забезпечити надійну взаємодію різних за властивостями ниток з іншими робочими органами машини.

Постановка завдання. На сьогодні не існує цілісного метода проектування механізмів подачі нитки швейних машин ланцюгового стібка та вибору його структури для реалізації поставлених конструкторських задач. В літературних джерелах розглянуті частинні випадки проектування деяких видів цих механізмів, здебільшого тих, які в сучасних швейних машинах практично не застосовуються, а самі методи є графічними або графоаналітичними.

В той же час особливістю структур цих механізмів є те, що здебільшого для передачі руху ниткоподавачами переважним чином застосовується кінематичні ланцюги, (або їх частини) інших механізмів (голки, притискної лапки).

Ще однією особливістю вказаних механізмів є наявність в багатьох випадках не одного, а двох і більше ниткоподавачів для передачі руху яким служать як кінематичні ланцюги інших механізмів так і окремі кінематичні ланцюги, що належать тільки МППН.

Зважаючи, що першочерговість процесу проектування МПГН швейних машин полягає в виборі раціональної структури механізмів подачі нитки, що враховує різні аспекти поставлених задач проектування (функціональність, простоту конструкції, тип стібка, фізико-механічні властивості ниток тощо), актуальною задачею є розробка класифікації МПГН, яка враховує структуру механізму та можливість його застосування для реалізації певного типу стібка.

Результати досліджень. В основу класифікації МПГН, що приведена нижче, покладена структура цих механізмів згідно [1, 2].

Для цього був проведений аналіз швейних машин ланцюгового стібка різних типів, а також патентної літератури.

У відповідності до типу застосованих ланок в МПГН пропонується поділити на чотири групи: 1 – важільні, 2 – кулачкові, 3 – фрикційні, та 4 – комбіновані механізми, що містять крім кінематичних ланок ще й електричні пристрої (рис. 1).

1. Група важільних МПГН ділиться за структурою на механізми, утворені простими кінематичними ланцюгами (сполученими з механізмом голки), та механізмами з розгалуженим кінематичним ланцюгом.

1.1. До підгрупи важільних МПГН, утворених простим кінематичним ланцюгом, можна віднести механізми наступних типів: повзунні, повзунно-шатунні, повзуно-коромислові та кривошипно-коромислові.

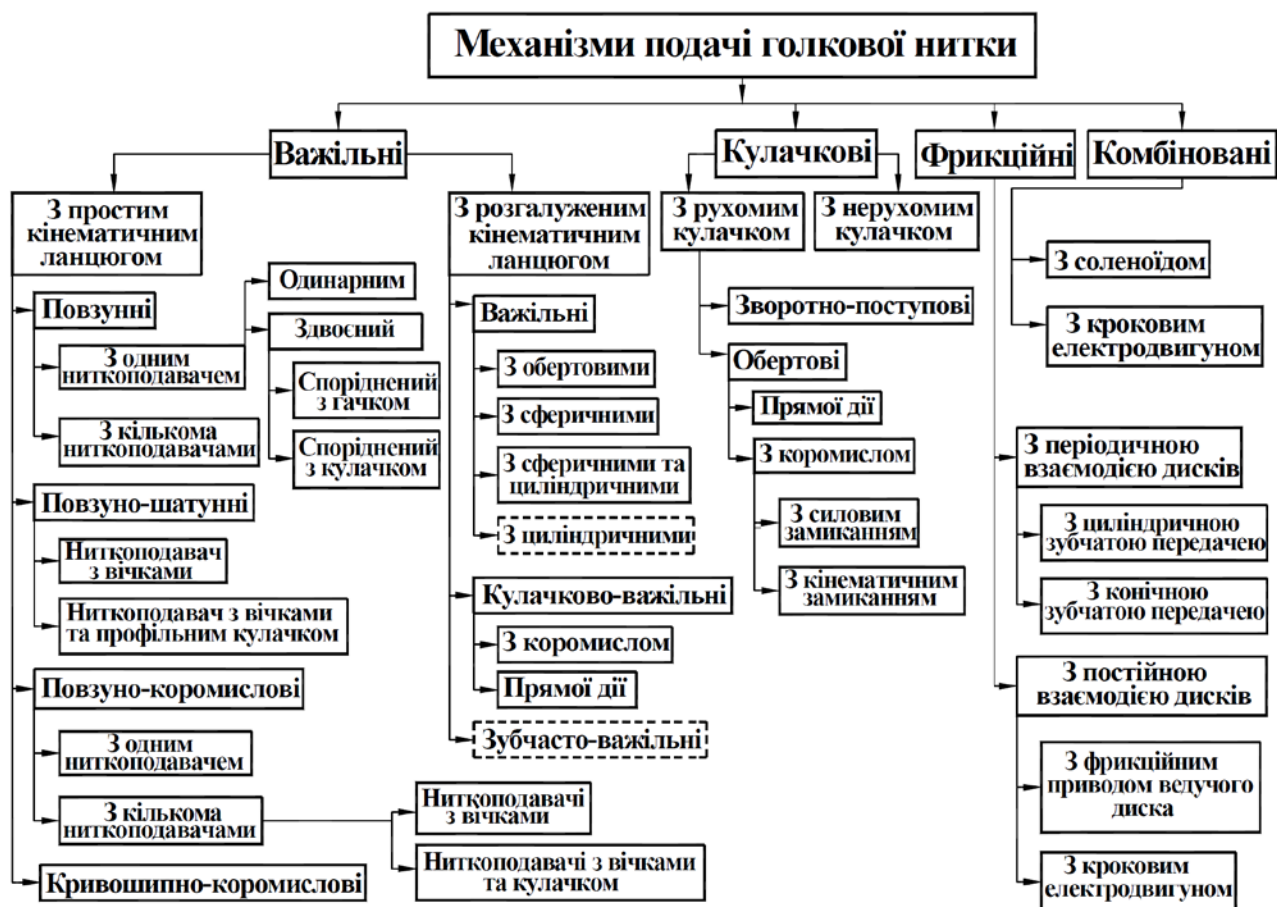


Рис. 1. Схема класифікації механізмів подачі голкової нитки

МПГН, що утворені простими кінематичними ланцюгами, мають структури:

1.1.1. МПГН повзунного типу – містять ниткоподавачі з вічками, що закріплені на повзуні (голководі) механізму голки. В залежності від конструкції механізму їх може бути один або два, причому ниткоподавач може бути здвоєний у вигляді вилки, на шляху якої встановлений нитконапряжник.

1.1.2. МПГН повзунно-шатунного типу, що містять два ниткоподавачі з вічками, при цьому один ниткоподавач закріплений на повзуні (голководі), інший – на шатуні механізму голки, або – один здвоєний ниткоподавач з вічками, закріплений на повзуні, між якими встановлений інший ниткоподавач у вигляді плоского кулачка, що закріплений на шатуні.

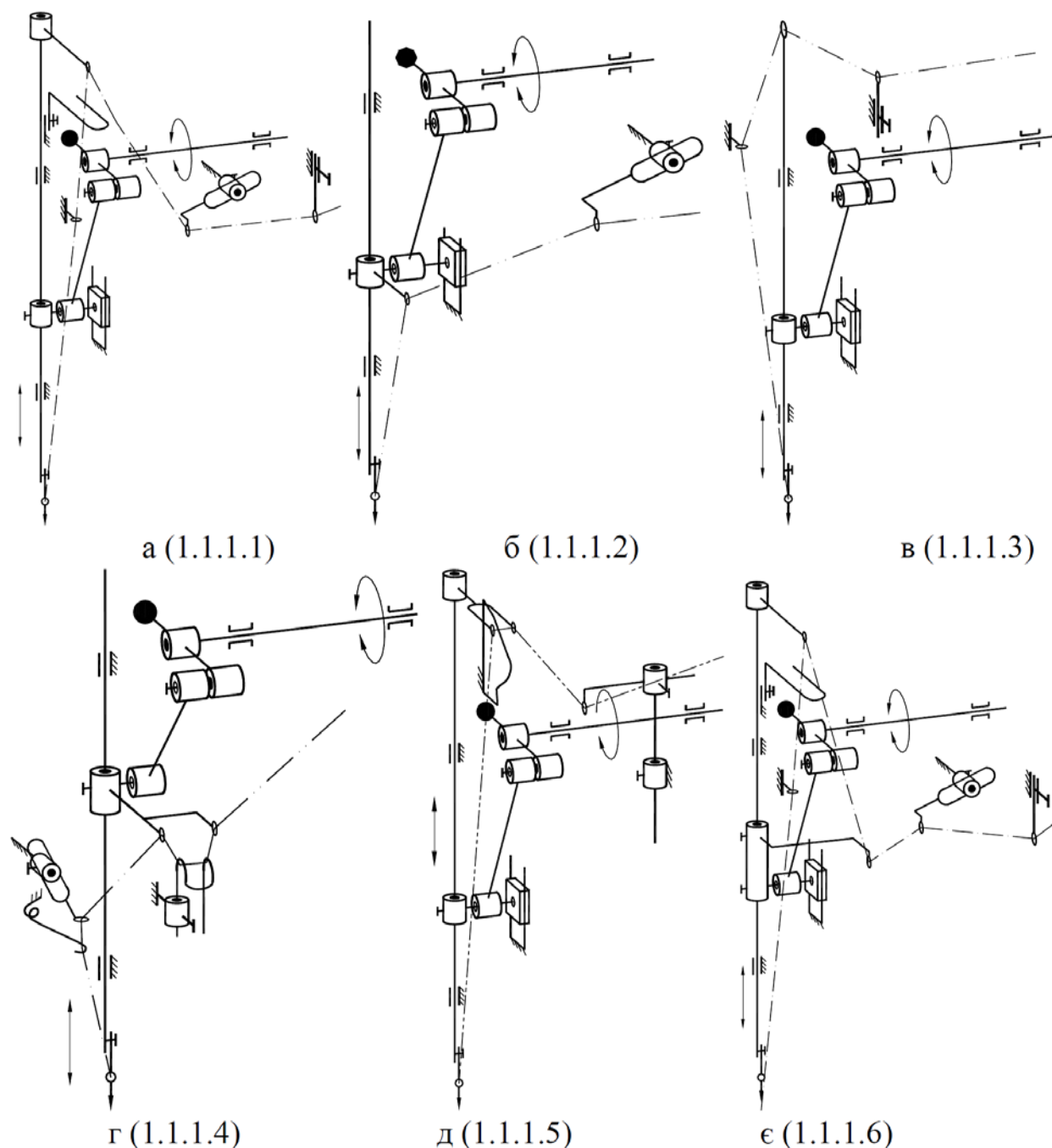


Рис. 2. Кінематичні схеми МПГН повзунного типу з одним ниткоподавачем

1.1.3. МПГН повзунно-коромислового типу, що містять два ниткоподавачі, які мають різні закони руху, при цьому один з ниткоподавачів закріплений на повзуні (голководі) і виконаний з вічками, інший – на коромислі механізму голки, може бути виконаний як з вічками так і у вигляді плоского кулачка, що розміщений між двома нерухомими нитконапрямниками, або одного ниткоподавача в вигляді коромисла-куліси з вічком, що з'єднане з повзуном (голководом).

1.1.4. МПГН кривошипно-коромислового типу, що містить кривошип, який закріплений на верхньому (обертовому) валі і в свою чергу з'єднаний за допомогою шатуна з коромислом, на кінці якого виконане вічко.

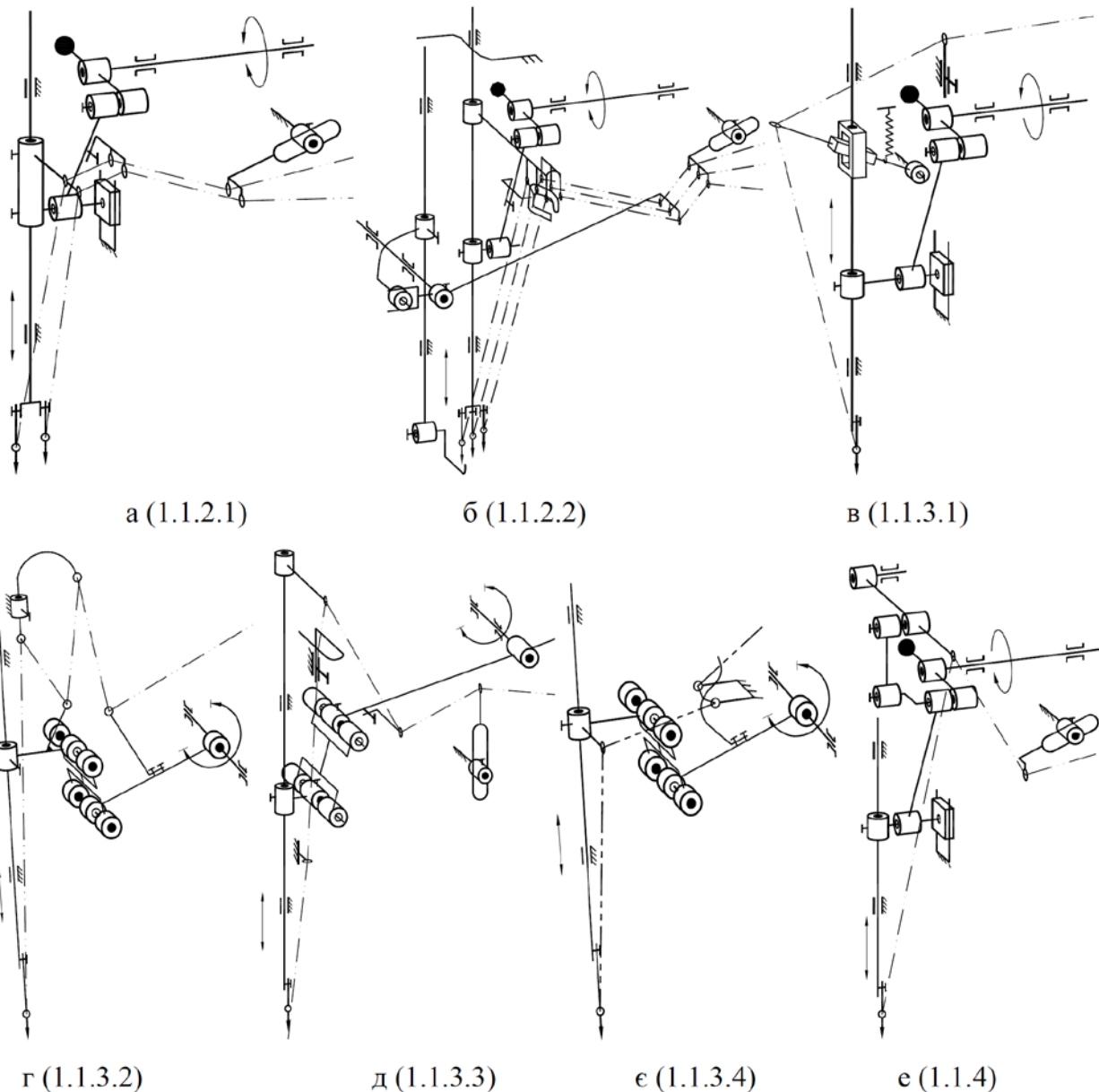


Рис. 3. Кінематичні схеми МПГН важільного типу з простим кінематичним ланцюгом з двома ниткоподавачами

До МПГН повзунного типу з одним ниткоподавачем, які застосовані в швейних машинах ланцюгового стібка, можна віднести механізми швейних машин 164 кл. ф. «Rimoldi» (рис. 2,

а), 5483-Н-814/01кл., 5489-Н-814/01-704кл., 5645-Р-840 ф. «Pfaff», 222кл., 338кл., 438кл., 237кл. ПМЗ, 80200 кл., (їх мод.) ф. «Union Special» (рис. 2, б), 235кл., 245кл. ПМЗ (рис. 2, в), а до механізмів з одним здвоєним ниткоподавачем, на шляху якого встановлений нитконапрямник у вигляді гачка, – механізм швейної машини кл. М-12 (рис. 2, г), або у вигляді профільного кулачка – механізм [3] (рис. 2, д). МПГН з двома ниткоподавачами застосовані в швейних машинах: 164 кл. ф. «Rimoldi», 237кл., 474кл., ПМЗ, ряду 56100 кл. ф. «Union Special», КМ-В 1302W, КМ-DH 1508P, КМ-DH 1702 ВК кл. ф. «Broaden», GK-325 кл. ф. «Typical», DLR-1508P кл. ф. «Kansai», ШМ FB 9503-60 ф. «Global» (рис. 2, е).

Важільні МПГН – повзунно-шатунного типу з двома ниткоподавачами з вічками застосовані в швейних машинах базового ряду 876кл. ПМЗ (рис. 3, а), та з одним здвоєним ниткоподавачем з вічками, між якими встановлений інший ниткоподавач, виконаний у вигляді профільного кулачка – в машині 62-55кл. ф. «Singer» (рис. 3, б).

МПГН повзунно-коромислового типу з одним ниткоподавачем у вигляді коромисла-куліси, що з'єднане з повзуном, відомий з [4, 5] (рис. 3, в), з двома ниткоподавачами з вічками застосовані в ШМ 77кл. ПМЗ (рис. 3, г), кл.51300 KE, кл.СА ф. «Union Special», 24кл. ф. «Textima» (рис. 3, д), з одним ниткоподавачем з вічком і іншим у вигляді профільного кулачка та двох нерухомих нитконапрямників – в ШМ 51 кл. ПМЗ (рис. 3, е).

МПГН кривошипно-коромислового типу (рис. 3, е), відомий з [4, 5].

1.2. МПГН з розгалуженим кінематичним ланцюгом, які містять декілька кінематичних ланцюгів, робочі органи яких – ниткоподавачі мають різні закони руху. Один із кінематичних ланцюгів, як правило, ототожнений з кінематичним ланцюгом механізму голки, на повзуні якого закріплений ниткоподавач, інший кінематичний ланцюг (додатковий) приводиться в рух від верхнього коливного чи обертового валу і може бути важільним, або кулачковим.

Таким чином, МПГН з розгалуженим кінематичним ланцюгом можна поділити на важільні та важільно-кулачкові.

1.2.1. МПГН з розгалуженим кінематичним ланцюгом важільного типу містить два ниткоподавачі з вічками, один з яких закріплений на повзуні (голководі) механізму голки, інший ниткоподавач, виконаний у вигляді коромисла, який здійснює коливні рухи в площині, перпендикулярній чи паралельній площині рукава машини. При цьому кінематичний ланцюг може бути з обертовими, сферичними та циліндричними кінематичними парами або з їх комбінаціями.

1.2.2. МПГН важільного-кулачкового типу містить два ниткоподавачі, один з яких закріплений на повзуні (голководі) механізму голки і виконаний з вічками. Інший ниткоподавач, виконаний у вигляді коромисла з вічками, який здійснює коливні рухи в площині, паралельній площині рукава машини і приводиться в рух від кулачка, закріпленого на верхньому коливному валі, або в вигляді кулачка, що закріплений на верхньому головному валі і діє на нитку безпосередньо своїм профілем, та нерухомих нитконапрямників.

1.2.3. МПГН важільного-зубчастого типу містить аналогічну схожу з типом 1.2.2 структуру. Відмінність структури полягає в тому, що замість кулачкового механізму застосований механізм з зубчастими колесами.

МПГН з розгалуженим кінематичним ланцюгом важільного типу з тільки обертовими кінематичними парами застосований – в ШМ 263-16-2MD-01кл. ф. «Rimoldi» (рис. 4, а), з сферичною, циліндричною та обертовими кінематичними парами – в ШМ W500 кл., W600 кл. ф. «PEGASUS» (рис. 4, б), тільки з сферичними чи обертовими кінематичними парами – в ШМ: CF 2300M-164M кл., FY 31016-05MB кл. ф. «Uamoto», MF-7723 (їх модиф.) кл. ф. «Juki», ZJ-W122-356 кл., ZJ-W222-248 кл., ZJ-W162-356 кл. ф. «Zoje», W122-248 кл. ф. «Siruba», 64T-16-1MD-66M/266-10 кл. ф. «Rimoldi» (рис. 4, в), ШМ 550-12-12 ф. «Durkopp Adler» (рис. 4, г) та тільки циліндричними кінематичними парами відомий з патентного джерела [6] (рис. 4, д).

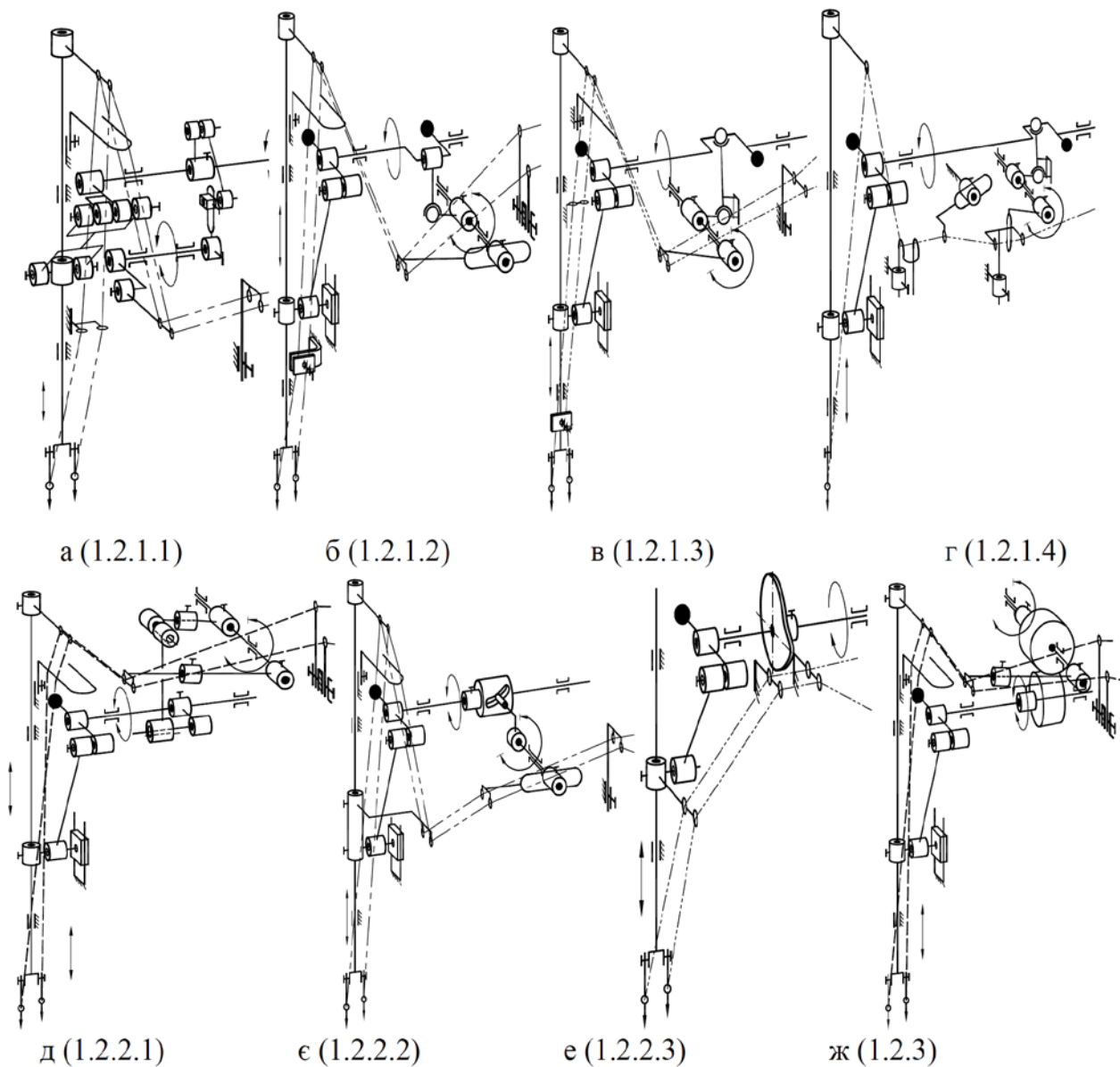


Рис. 4. Кінематичні схеми МПГН з розгалуженим кінематичним ланцюгом

МПГН з ниткоподавачем, що закріплений на повзуні механізму голки в поєднанні з ниткоподавачем у вигляді коромисла, який приводиться в рух від кулачка, застосований в швейній машині 163-10-01 кл. ф. «Rimoldi» (Рис. 4, е), а з ниткоподавачем у вигляді кулачка, який безпосередньо діє на нитку своїм профілем відомий з [7] (рис. 4, е).

МПГН важільного-зубчастого типу відомий з патенту [8] (рис. 4, ж).

2. Групу кулачкових МПГН можна поділити за видом руху на підгрупи – з рухомих кулачком, який виконує роль ниткоподавача, та нерухомих кулачком і ниткоподавачем.

2.1. Підгрупу МПГН з рухомих кулачком можна поділити на типи за характером руху (кулачок виконує зворотно-поступовий рух або обертовий).

2.1.1. МПГН зі зворотно-поступовим кулачком містить кулачок, що закріплений на повзуні (голководі) механізму голки та пружне коромисло у вигляді пластинчастої пружини, що відіграє роль компенсатора.

2.1.2. МПГН з обертовим кулачком містить кулачок, що закріплений на головному валі, який діє на нитку безпосередньо своїм профілем або за допомогою коромисла з вічком. В залежності від структури коромисла має силове чи кінематичне замикання з кулачком.

МПГН з зворотно-поступовим кулачком застосовані в ш.м. 66 кл., 266 кл. 245 кл. ПМЗ (рис. 5, а).

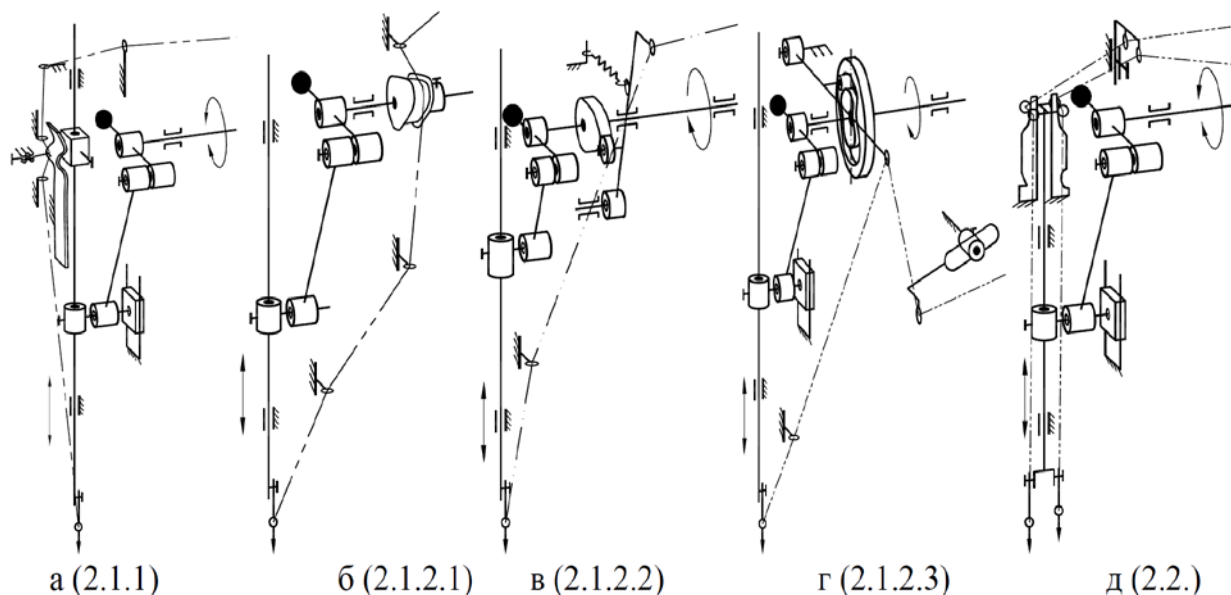


Рис. 5. Кінематичні схеми МПГН кулачкового типу

МПГН з обертовим кулачком застосовані в багатоголкових плоскошовних машинах [9, 10] (рис. 5, б), з коромисловими штовхачами з вічками з силовим замиканням відомі з [4, 5] (рис. 5, в), а з кінематичним – розглянуті в [10] (рис. 5, г).

2.2. МПГН з нерухомим кулачком містить плоский кулачок, що закріплений на корпусі машини, по обидві сторони якого розміщені вічка зведеного ниткоподавача, що закріплений в свою чергу на рухомих ланках механізму голки.

МПГН з нерухомим кулачком відомий з [11] (рис. 5 д).

3. МПГН фрикційної групи за характером взаємодії ведучого та веденого дисків бувають з періодичною та постійною взаємодією.

3.1. МПГН з постійною взаємодією дисків містить ведучий фрикційний диск (рис. 6, а, б), що приводиться в постійний рух від циліндричної чи конічної зубчастої передачі. При цьому ведений диск вводиться у взаємодію з ведучим диском періодично від соленоїда, останній також одночасно звільнює нитку в затискному пристрої. Кожен з механізмів оснащений пристроями контролю кута повороту головного вала, або вала ведучого диска.

МПГН фрикційного типу з постійним рухом ведучого диска з циліндричною та конічною передачею відомі відповідно з [12] (рис. 6, а), [13] (рис. 6, б).

3.2. МПГН з періодичною взаємодією дисків містить ведучий фрикційний диск, що приводиться в періодичний рух від фрикційної передачі у вигляді конічних дисків та пасової передачі, або від крокового електродвигуна. При цьому ведений диск постійно знаходиться в замиканні з ведучим диском. Кожен з механізмів оснащений пристроями контролю кута повороту головного вала, або вала ведучого диска.

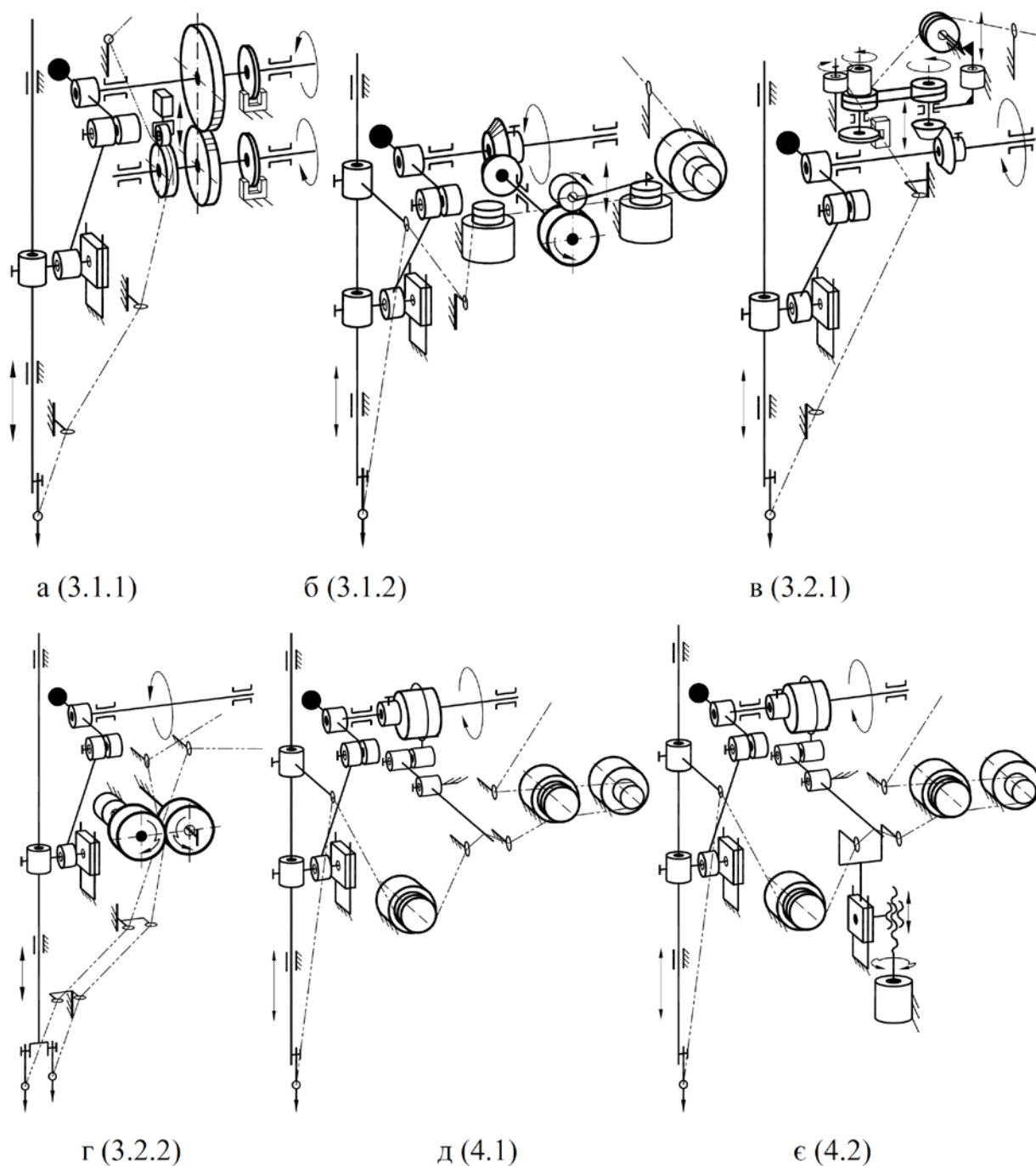


Рис. 6. Кінематичні схеми МПГН фрикційного типу та комбінованого типу

МПГН фрикційного типу з періодичним рухом ведучого диску з фрикційним приводом, відомий з [14] (рис. 6, в), та з кроковим електродвигуном з [15] (рис. 6, г).

4. До механізмів комбінованої групи слід віднести МПГН, що містять окрім кінематичних ланцюгів важільного типу з простим чи розгалуженим кінематичним ланцюгом, ще й електромагнітні пристрої у вигляді соленоїдів для затиску нитки, які, як правило, встановлюють попарно а також крокові електродвигуни і датчики контролю поданої нитки. Група комбінованих МПВН ділиться за типом застосування електромагнітних пристроїв з соленоїдом чи з кроковим електродвигуном.

4.1. Комбінований МПГН з соленоїдом (рис. 6, д), що відомий з [16], містить розгалужений кінематичний ланцюг важільного типу, одна з гілок якого кривошипно-повзунна (механізм голки), робочий орган якого – ниткоподавач з вічками, закріплений на повзуні, інша – кривошипно-коромислова, причому кривошип виконаний у вигляді ексцентрика, а ниткоподавач у вигляді коромисла без вічка, що розміщений між нитконапрямниками. Між ниткоподавачами та поруч з ними встановлені два затискні пристрої у вигляді соленоїдів та одного датчика контролю нитки. Така ж структура механізму описана в патентах [16–18] відрізняється лише функцією роботи електромагнітних пристроїв.

4.2. Комбінований МПГН з кроковим електродвигуном (рис. 6, є), що відомий з [19], містить розгалужений кінематичний ланцюг важільного типу, подібний до кінематичного ланцюга МПГН попереднього типу. Тут так само застосовані два затискні пристрої у вигляді соленоїдів та одного датчика контролю нитки. Механізм даного типу відрізняється тим, що нитконапрямник з'єднаний гвинтовою передачею з кроковим електродвигуном для автоматичного регулювання кількості поданої нити.

Невід'ємною частиною МПГН є система регульованих та нерегульованих нитконапрямників. Регульовані нитконапрямники бувають у вигляді упору U-подібної форми (рис. 2, а, є, рис. 3, д, рис. 4, а, б, рис. 2, є, ж), що розміщений на лінії руху ниткоподавача в верхній частині корпусу машини, а також – нитконапрямника у вигляді пальця, який встановлений поруч з лінією руху ниткоподавача, компенсатора в вигляді пружини (рис. 2, г), рухомого нитконапрямника (рис. 3, б), що кінематично з'єднаний з пристроєм лапки. Нерегульовані нитконапрямники в більшості випадків закріплені на корпусі машини та служать для напрямлення нитки від котушки до робочих органів. Невід'ємною частиною МПГН слід також вважати регулятори натягу нитки (на кінематичних схемах не показані).

На основі проведеного аналітичного огляду були встановлені області переважного застосування розглянутих МПГН в залежності від класу стібка.

Враховуючи, що для створення деяких типів ланцюгових стібків 600 класу в основу покладено стібки класу 400, а 800 клас – об'єднує різні типи ланцюгових та човникових стібків [20], відповідність застосування структури МПГН виконано на базі базових класів: 100, 400, 500. Відповідність застосування певних МПГН для реалізації наведених класів стібків наведена в таблиці.

На закінчення слід відмітити, що механізми кулачкової групи (рис. 5) широкого застосування в сучасних швейних машинах на практиці не знайшли, оскільки мають відомі недоліки: негативні динамічні характеристики, обмеження в регулюванні величини подачі нитки. Механізми важільного типу (рис. 2–4) не мають вищеперахованих недоліків, але в деяких випадках мають складну конструкцію, містять циліндричні та сферичні кінематичні пари. Крім того вони відтворюють закон дійсної подачі нитки менш наближений до необхідного порівняно з кулачковим. Але, незважаючи на це, практично всі сучасні швейні машини оснащені МПГН важільної групи як з простим так і з розгалуженим кінематичним ланцюгом. Останнім часом в машинах ланцюгового стібка застосовується МПГН здебільшого з розгалуженим кінематичним ланцюгом (рис. 4, б, в, д). Механізми фрикційної та комбінованої груп практичного застосування не знайшли і відомі лише з патентів.

Таблиця 1

Відповідність застосування МПГН до класів стібків

	Класи стібків		
	100	400	500
Тип МПГН	1.1.1.3; 1.1.3.1; 2.1.11	1.1.1.1-2; 1.1.1.5-6; 1.1.2.1-2; 1.1.4; 1.2.1.1-4; 1.2.2.1-3; 1.2.3; 2.1.2.1-3; 2.2; 3.1.1-2; 3.2.1-2; 4.1; 4.2	1.1.1.4; 1.1.3.2-4

Висновки. Запропонована класифікація і аналітичний огляд структури відомих МПГН, визначення області переважного застосування конкретних механізмів в машинах, що реалізують різні класи стібків полегшить вибір структури МПГН при проектуванні машин ланцюгового стібка.

References

1. Koshel, S. O., Berezin, L. M., Koshel, H. V. (2020). Tekhnichna mekhanika. Rozdil: teoriia mekhanizmiv i mashyn: navch. posib [Technical mechanics. Section: theory of mechanisms and machines: teaching. manual]. Kyiv: TsUL. 156 p. [in Ukrainian].
2. Kinytskyi, Ya. T. (2002). Teoriia mekhanizmiv i mashyn: pidruchnyk [Theory of mechanisms and machines]. Kyiv: Naukova dumka. 662 p. [in Ukrainian].
3. Gordetskiy, D. I., Reybarkh, L. B., inventors (1970). Ustroystvo dlya stabilizatsii petli-napuska v shveynykh mashinakh [Device for stabilizing the looping loop in sewing machines]. USSR patent, no. 272803 [in Russian].
4. Storozhev, V. V. (2010). Mashiny i apparaty legkoy promyshlennosti. uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy [Machines and apparatuses of light industry: a textbook for students. higher textbook establishments]. Moscow: Academy. 400 p. [in Russian].
5. Frants, V. Ya. (2002). Oborudovanie shveyного proizvodstva: uchebnik dlya srednego professionalnogo obrazovaniya [Clothing production equipment: a textbook for secondary vocational education]. Moscow: Graduate School. 448 p. [in Russian].
6. Horobets, V. A., Manoilenko, O. P., inventors (2006). Mekhanizm podachi verkhnoi nytky shveinoi mashyny [The upper thread teke-up mechanism of the sewing machine]. Ukrainian patent, no. 18316 [in Ukrainian].
7. Nakano Minoru, Noguchi Kazuo, Yasuda Eiji inventor (1994). Pegasus Sewing Machine Mfg Co., assignee. Needle thread teke-up mechanism in the sewing machine for making seams with increased reliability. Japanese patent, № 6093949.
8. Horobets, V. A., Manoilenko, O. P., inventors (2006). Mekhanizm podachi verkhnoi nytky shveinoi mashyny [The upper thread teke-up mechanism of the sewing machine]. Ukrainian patent, no. 18315 [in Ukrainian].
9. Flerova, L. N., Shefer, V. A. (1954). Shveyne mashyny trikotazhnogo proizvodstva [Knitted sewing machine]. Moscow: Legprombytizdat. 167 p. [in Russian].
10. Marakushev, Ye. A., Rusakov, S. I., Eppel, S. S. (1967). Mashiny shveyного proizvodstva. Konstruktsiya, raschet i osnovy proektirovaniya [Sewing machines. Design, calculation and design principles]. Kyiv: Tekhnika. 323 p. [in Ukrainian].
11. Zak, I. S., Gorodetskiy, D. I., inventors (1963). Prispособlenie dlya regulirovaniya optimalnykh razmerov

Література

1. Кошель С. О., Березін Л. М., Кошель Г. В. Технічна механіка. Розділ: теорія механізмів і машин: навч. посіб. Київ: ЦУЛ, 2020. 156 с.
2. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин: підручник. Київ: Наукова думка, 2002. 662 с.
3. Гордецкий Д. И., Рейбарх Л. Б., изобретатели. Устройство для стабилизации петли-напуска в швейных машинах. А.С. СССР, № 272803, 1970.
4. Сторожев В. В. Машины и аппараты легкой промышленности: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия, 2010. 400 с.
5. Франц В. Я. Оборудование швейного производства: учебник для среднего профессионального образования. М.: Академия, 2002. 448 с.
6. Горобець В. А., Манойленко О. П., винахідники. Механізм подачі верхньої нитки швейної машини. Український патент, № 18316, 2006.
7. Nakano Minoru, Noguchi Kazuo, Yasuda Eiji inventors; Pegasus Sewing Machine Mfg Co., assignee. Needle thread teke-up mechanism in the sewing machine for making seams with increased reliability. Japanese patent, № 6093949, 1994.
8. Горобець В. А., Манойленко О. П., винахідники. Механізм подачі верхньої нитки швейної машини. Український патент, № 18315, 2006.
9. Флерова Л. Н., Шефер В. А. Швейне машини трикотажного производства. Москва: Легпромбытиздат, 1954. 167 с.
10. Маракушев Е. А., Русаков С. И., Эппель С. С. Машины швейного производства. Конструкция, расчет и основы проектирования. Київ: Техніка, 1967. 323 с.
11. Зак И. С., Городецкий Д. И., изобретатели. Приспособление для

- petli v dvukhigolnoy shveyno-trikotazhnoy mashine s odnim petlitem [Tool for adjusting the optimum loop dimensions in a two-needle sewing-knitting machine with one looper]. USSR patent, no. 153170 [in Russian].
12. Michitaka Takiguchi, Anjio, Fujio Horie, inventor (1983). Brother, assignee. Automatic needle thread control apparatus. United States patent US 4 408 554.
13. Wold-rudiger von Hagen, inventor; Erwin Jurgens, assignee (1984). Thred control mehanizm for sewing machines. United States patent US 4 457 247.
14. Toke Koge, inventor; Juki Corp., assignee (1991). Device thread teke-up in the sewing machine. Japan patent, № 3-33355.
15. Nakano Minoru, inventor (1992). Pegasus sewing machine mfg. co., ltd., assignee. Apparatus and method for thread supplying of a chain stitch sewing machine. Japan patent, № 92305896.0.
16. Toke Koge, inventor; Juki Corp., assignee (1985). Device thread teke-up in the sewing machine. Japan patent, № 60-38151.
17. Toke Koge, inventor; Juki Corp., assignee (1985). Device thread teke-up in the sewing machine. Japan patent, № 60-38152.
18. Toke Koge, inventor; Juki Corp., assignee (1994). Device thread teke-up in the sewing machine. Japan patent, № 4-52159.
19. Shigeji Watabe, inventor; Juki Corp., assignee (1990). Upper thread supply device of sewing machine. Japan patent, № 2-142592.
20. Manoilenko, O. (2020). Topological analysis and synthesis of machine chain stitches. *Vlákna a textil* (Fibres and Textiles), Vol. 27, № 4, December, P. 58–69.
- регулирования оптимальных размеров петли в двухигольной швейно-трикотажной машине с одним петлителем. А.С. СССР, № 153170, 1963.
12. Michitaka Takiguchi, Anjio, Fujio Horie, inventors; Brother, assignee. Automatic needle thread control apparatus. United States patent US 4 408 554, 1983.
13. Wold-rudiger von Hagen, inventor; Erwin Jurgens, assignee. Thred control mehanizm for sewing machines. United States patent US 4 457 247, 1984.
14. Toke Koge, inventor; Juki Corp., assignee. Device thread teke-up in the sewing machine. Japan patent, № 3-33355, 1991.
15. Nakano Minoru, inventors; Pegasus sewing machine mfg. co., ltd., assignee. Apparatus and method for thread supplying of a chain stitch sewing machine. Japan patent, № 92305896.0, 1992.
16. Toke Koge, inventor; Juki Corp., assignee. Device thread teke-up in the sewing machine. Japan patent, № 60-38151, 1985.
17. Toke Koge, inventor; Juki Corp., assignee. Device thread teke-up in the sewing machine. Japan patent, № 60-38152, 1985.
18. Toke Koge, inventor; Juki Corp., assignee. Device thread teke-up in the sewing machine. Japan patent, № 4-52159, 1994.
19. Shigeji Watabe, inventor; Juki Corp., assignee. Upper thread supply device of sewing machine. Japan patent, № 2-142592, 1990.
20. Manoilenko O. Topological analysis and synthesis of machine chain stitches. *Vlákna a textil* (Fibres and Textiles). 2020. Vol. 27, № 4, December. P. 58–69.

MANOILENKO OLEKSANDR

Candidate of Technical Sciences, Docent,
Head of the Department of Mechanical Engineering,
Kyiv National University of Technologies and Design,
Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-5670-4977>

Scopus Author ID: 57194469280

E-mail: manoilenko.op@knutd.edu.ua

GOROBETS VASILII

Candidate of Technical Sciences, Docent,
Director of Centre of Pre-University and
Individual Education, Kyiv National University of
Technologies and Design, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-5174-3224>

E-mail: gorobets.va@knutd.edu.ua

DVORZHAK VOLODYMYR

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of
Department of Mechanical Engineering, Kyiv National University of
Technologies and Design, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-1693-9106>

Scopus Author ID: 57814664800

Researcher ID: P-5907-2018

E-mail: dvorzhak.vm@knutd.edu.ua

PISARENKO DMITRI

Postgraduate, Department of Mechanical Engineering,
Kyiv National University of Technologies and Design,
Ukraine

E-mail: pisarenkodima83@gmail.com

BYLYK KATERYNA

Master, Department of Mechanical Engineering,
Kyiv National University of Technologies and Design,
Ukraine

E-mail: katebylyk@ukr.net

**МАНОЙЛЕНКО А. П., ГОРОБЕЦ В. А., ДВОРЖАК В. Н.,
ПИСАРЕНКО Д. Д., БЫЛЫК Е. А.**

Київський національний університет технологій і дизайну, Україна

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЗМОВ ПОДАЧИ ИГОЛЕННЫХ НИТЕЙ ШВЕЙНЫХ МАШИН ЦЕПНОГО СТЕЖКА

Цель работы: разработка классификации по структурным признакам и анализе применения известных механизмов подачи игловых нитей (МПИИ) швейных машин цепного стежка разных типов (100, 400, 500, 600 и 800).

Методика включает основные этапы структурно-топологического анализа, а именно: формирование функциональных задач, разделение объектов МПИИ по принципиальному и функциональному аспекту на элементы (звенья, ниткоподатчики, нитконаправители, регулятор натяжения нити, возможности регулирования) закона и величины подачи нити и др.), проведение топологической декомпозиции МПИИ и отношений между ними, не вникая в их содержательное описание, группирование по типу и реализации типа стежка.

Результаты: получили обобщенную классификацию МПИИ, учитывающую тип механизма, принадлежность к типу звеньев, наличие систем автоматизированного контроля и электромеханических устройств. Кроме этого МПИИ структурированы в группы в соответствии с применением их в швейных машинах для образования определенных типов цепных стежков.

Научная новизна заключается в структурно-топологическом анализе МПИИ швейных машин цепного стежка и разработке их классификации.

Практическая значимость: систематизация известных МПИИ, что облегчает выбор их структуры при проектировании швейных машин цепного стежка.

Ключевые слова: механизм подачи нити швейных машин; швейные машины; цепной стежок; классификация механизмов подачи игловой нити; структуры механизмов подачи игловых нитей; проектирование швейных машин.

**MANOILENKO O. P., GOROBETS V. A., DVORZHAK V. M.,
PISARENKO D. D., BYLYK K. A.**

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

ANALYTICAL INSPECTION AND DEVELOPMENT OF A CLASSIFICATION OF NEEDLE THREADS TEKE-UP MECHANISMS OF CHAIN STITCH SEWING MACHINES

Purpose: development a classification by structural features and analysis of the application of known of needle threads teke-up mechanisms (MTUNT) sewing machines chain stitch of different types (100, 400, 500, 600 and 800).

Methodology includes the main stages of structural and topological analysis, namely: the formation of functional problems, the division of objects (TUNT) in principle and functional aspect into elements (links, threads teke-up levers, thread guides, thread tension regulator, controllability law and the value of the thread, etc.), topological decomposition of TUNT and the relationship between them, without delving into their meaningful description, grouping by type and implementation of the type of stitch.

Findings are the result of a generalized classification of TUNT, which takes into account the type of mechanism, belonging to the type of links, the presence of automated control systems and electromechanical devices. In addition, the characteristics of TUNT are obtained, which are structured into groups in accordance with their use in sewing machines to form certain types of chain stitches.

Originality is the structural and topological analysis of TUNTM sewing machines chain stitch and the development of their classification.

Practical value of the work lies in the systematization of the known TUNTM, which facilitates the choice of their structure in the design of chain stitch sewing machines.

Keywords: thread teke-up mechanism of sewing machines; sewing machines; chain stitch; classification of needle thread teke-up mechanisms; structures of needle thread teke-up mechanisms; design of sewing machines.

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.4.4>

УДК 685.31.02

ЧУПРИНКА В. І., ЧУПРИНКА Н. В.,
ВАСИЛЕНКО О. Л., НАУМЕНКО Б. В.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

ПІДГОТОВКА ІНФОРМАЦІЇ ПРО ЗОВНІШНІ КОНТУРИ ПЛОСКИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ РОЗКРОЮ

Мета: Розробити математичне та програмне забезпечення для підготовки інформації про зовнішні контури плоских геометричних об'єктів для ефективного автоматизованого проектування раціональних схем розкрою матеріалів на ці плоскі геометричні об'єкти.

Методика. У ході розробки алгоритмів підготовки інформації про зовнішні контури плоских геометричних об'єктів з допустимою точністю апроксимації використані методи аналітичної геометрії та прикладної математики.

Результати. Для ефективного використання програмного забезпечення щодо автоматизованого проектування раціональних схем розкрою матеріалів на плоскі геометричні об'єкти запропоновані алгоритми підготовки інформації про зовнішні контури плоских геометричних об'єктів з допустимою точністю, які забезпечують скорочення часу автоматизованого проектування раціональних схем розкрою в декілька разів. Особливо це важливо при інтерактивному проектуванні та коригуванні розкрійних схем. Проаналізувавши значення коефіцієнта точного відображення, рекомендовано допустиму точність апроксимації про зовнішні контури деталей взуття вибрати в діапазоні $0.5 \text{ мм} \leq \varepsilon \leq 0.25$.

Наукова новизна. Запропоновані алгоритми підготовки інформації про зовнішні контури плоских геометричних об'єктів для ефективного автоматизованого проектування раціональних схем розкрою матеріалів на ці плоскі геометричні об'єкти, які визначають допустиму точність кусково-лінійної апроксимації цих контурів, та забезпечують їх апроксимацію із цією допустимою точністю.

Практична значимість. Запропоновані алгоритми підготовки інформації про зовнішні контури плоских геометричних об'єктів для ефективного автоматизованого проектування раціональних схем розкрою матеріалів на ці плоскі геометричні об'єкти реалізовані в програмний продукт для ущільнення інформації про зовнішні контури при кусково-лінійній апроксимації цих контурів. У результаті ущільнення отримана інформація про зовнішні контури плоских геометричних об'єктів забезпечить скорочення часу автоматизованого проектування раціональних схем розкрою в декілька разів.

Ключові слова: зовнішній контур, плоский геометричний об'єкт, деталь, апроксимація, ущільнення інформації, раціональна схема розкрою, математичне та програмне забезпечення.

Вступ. Наразі існують різні способи представлення інформації про зовнішні контури деталей. У роботі [1] автори пропонують геометрію взуттєвих деталей описати за допомогою фігур простої форми, а саме площина деталі покривається колами різних радіусів. У такому разі вихідною інформацією про деталь є координати центрів кіл та їх радіуси. Цей спосіб апроксимації дуже трудомісткий, потребує певних професійних навичок та складно піддається автоматизації. Але при такій апроксимації алгоритм побудови раціональних схем розкрою дуже спрощується.

При координатно-трапецеїдальному способі апроксимації взуттєвих деталей [2] спрощується процес апроксимації. Даний спосіб легко піддається автоматизації, але не є універсальним. У разі такої апроксимації алгоритм побудови раціональних схем розкрою дуже спрощується.

При рецепторному методі апроксимації [3] деталь розміщується у полі рецепторів та визначаються ті рецептори, що покривають деталь. Так як деталь визначається дискретно, то

множина допустимих раціональних схем розкрою визначається дискретно і при такому представленні інформації про деталь є можливість пропустити найефективнішу схему розкою.

У роботі [4] розглядається аналітичний опис зовнішніх контурів деталей за допомогою R – функцій. Цей метод малоефективний для деталей зі складною конфігурацією зовнішнього контуру та не піддається автоматизації.

Особливістю всіх вище розглянутих способів представлення інформації про деталь є простота алгоритмів взаємного перетину деталей у схемах розкрою. Але результати обчислень можна застосувати при автоматизованому розкрої тільки для пресів-автоматів, для яких ріжучим інструментом є різак. Крім того, деякі з них важко піддаються автоматизації (метод покриття колами), деякі не є універсальними (метод трапецій), інші потребують багато пам'яті для збереження інформації про деталь (рецепторний метод). Також у разі застосування даних методів передбачається побудова множини допустимих розв'язків дискретно із заданим кроком. А це може привести до того, що можемо пропустити кращий варіант.

У роботах [5–11] зовнішні контури деталей апроксимуються за допомогою кривих різного порядку. Параболічна інтерполяція розроблена Оверхаузером [12]. Оверхаузер інтерполяційну криву запропонував виходячи із геометричних міркувань. Ідея полягає у лінійній інтерполяції двох частин парабол, що перетинаються. Теорія В-сплайнів запропонована у роботі [13]. Рекурсивне визначення для чисельного розв'язку запропоновано незалежно Коксом [14] та де Буром [15]. Гордон [16] та Резенфельд [17] визначили апроксимуючі криві через базис В – сплайну. Ці методи забезпечують велику точність апроксимації, але дуже ускладнюють алгоритми побудови раціональних схем розкрою.

Кусково-лінійний спосіб апроксимації контурів деталей [18] найбільш простий та зручний у разі автоматизованого та автоматичного введення інформації про зовнішні контури деталей. Не накладає обмежень на складність конфігурації деталі. Інформація при такому методі апроксимації легко ущільнюється. За такої апроксимації зовнішній контур деталі буде представлено у вигляді багатокутника. Кількість вершин апроксимуючого багатокутника залежить від точності апроксимації (чим більша точність апроксимації, тим більше вершин у багатокутнику). При такій апроксимації немає обмеження на ріжучий інструмент при автоматичному розкрої (різак, гнучкий ніж, струмінь води чи промінь лазера).

Постановка завдання. Основною задачею роботи є розробка алгоритмів ефективною підготовки інформації про зовнішні контури плоских геометричних об'єктів для автоматизованого проектування раціональних схем розкрою при кусково-лінійній апроксимації зовнішніх контурів цих об'єктів.

Результати досліджень. Для побудови розкрійних схем необхідно мати інформацію про зовнішні контури плоского геометричного об'єкту у текстовому файлі.

Нехай S – плоский геометричний об'єкт із заданою орієнтацією. Зв'яжемо з деталлю S координатну систему XOY , де O – полюс деталі, обраний у будь-якій її внутрішній точці. Контур плоского геометричного об'єкту S апроксимуємою ламаною лінією з вершинами в послідовно вибраних на контурі деталі точках. Кількість цих точок повинна забезпечувати потрібну точність апроксимації. Тоді плоский геометричний об'єкт S можна представити координатами точок вершин апроксимуючого багатокутника, тобто масивом координат вершин $\{X_k, Y_k\}$, $i = 1 \dots n$, де X_i, Y_i – координати i -ї вершини та n – кількість вершин апроксимуючого багатокутника. Таке представлення дозволяє надати аналітичне описання зовнішнього контуру плоского геометричного об'єкту у вигляді систем рівнянь відрізків, з яких складаються ці контури. У параметричній формі запису ця система має вигляд:

$$\begin{cases} X(t_k) = X_k + (X_{k+1} - X_k)t_k \\ Y(t_k) = Y_k + (Y_{k+1} - Y_k)t_k \end{cases} \quad k = \overline{1, n}$$

де $\{X_k, Y_k\}, k = 1 \dots n$, – точки на контурі деталі, вибрані при апроксимації, або вершини многокутника, t_k – параметр, $t_k \in [0; 1)$.

Досвід свідчить, що для практичних задач при виготовленні взуття достатньо забезпечити точність апроксимації контурів 0,5 мм. Іншими словами, максимальне відхилення контуру деталі взуття від ланки апроксимуючої лінії не повинно перевищувати $H \leq 0,5$ мм. Оберемо на площині координатну систему XOY .

Зупинимося більш детально на способі отримання інформації про зовнішні контури плоских геометричних об'єктів із заданою точністю.

Нехай зовнішній контур плоского геометричного об'єкту представляється координатами точок вершин апроксимуючого многокутника, тобто масивом координат вершин $\{X_k, Y_k\}, i = 1 \dots n$, де X_i, Y_i – координати i -ї вершини та n – кількість вершин апроксимуючого многокутника

Спочатку необхідно обрати першу вершину на зовнішньому контурі апроксимуючого многокутника. Це має бути вершина, яка повинна залишитись при ущільненні інформації про зовнішній контур апроксимуючого многокутника. Очевидно, що в якості цієї вершини можна обрати одну із чотирьох вершин на зовнішньому контурі апроксимуючого многокутника, в яких значення координати X або Y приймають найменше або найбільше значення.

Потім циклічно перенумеруємо вершини на зовнішньому контурі апроксимуючого многокутника таким чином, щоб обрана вершина стала першою. Заносимо обрану вершину як першу вершину до ланцюга S шуканих вершин на зовнішньому контурі апроксимуючого многокутника після ущільнення інформації.

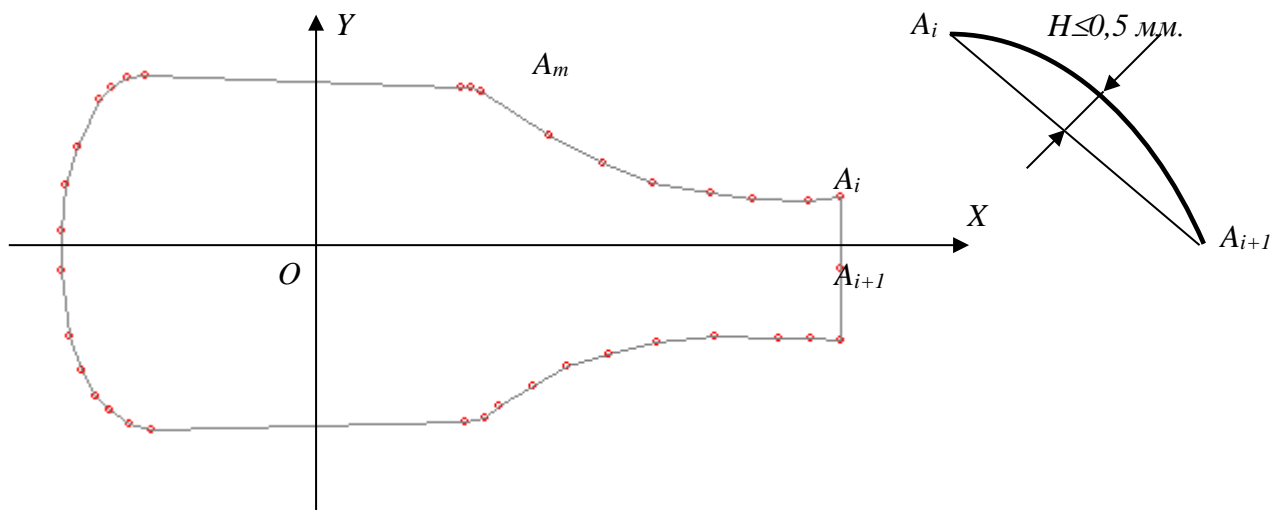


Рис. 1. Кусково-лінійна апроксимація

Проведемо через вершини $A_i(X_i, Y_i)$ та $A_k(X_k, Y_k)$ ломаної лінії $A_i A_{i+1} \dots A_{k-1} A_k$, пряму $A_i A_k$. Рівняння цієї прямої прийме вигляд [19]:

$$\frac{x - X_i}{X_k - X_i} = \frac{y - Y_i}{Y_k - Y_i} \quad (1)$$

або $P_x \cdot x + P_y \cdot y + P = 0$, де $P_x = Y_k - Y_i$; $P_y = X_i - X_k$; $P = X_k Y_i - X_i Y_k$. (2)

(Початково i та k відповідно приймають наступні значення: $i = 0, k = 2$.)

Опустимо перпендикуляри із точок A_j , де $j = i + 1, \dots, k-1$ на пряму $A_i A_k$.

Позначимо довжини відрізків $A_j B_j$ (рис. 1), як $\Delta_j = |\delta_j|$. Тоді $\Delta_j = |\delta_j|$ знаходимо за формулою [19]:

$$\Delta_j = |\delta_j| = \frac{P_x \cdot x + P_y \cdot y + P}{\sqrt{P_x^2 + P_y^2}} \quad (3)$$

На кожному кроці k збільшується на одиницю. Визначимо $\Delta = \max\{\Delta_j\} = \max\{A_j B_j\}$, де $j = i + 1, \dots, k-1$.

Якщо $\Delta > \varepsilon$, то точка A_{k-1} заноситься до ланцюгу C , тобто $C = C \cup A_{k-1}$ та i приймаємо рівним $k-1$ ($i = k-1$). Ці дії виконуємо до тих пір, поки k не стане рівним $m-1$ (поки зовнішній контур базового апроксимуючого багатокутника не буде пройдений повністю).

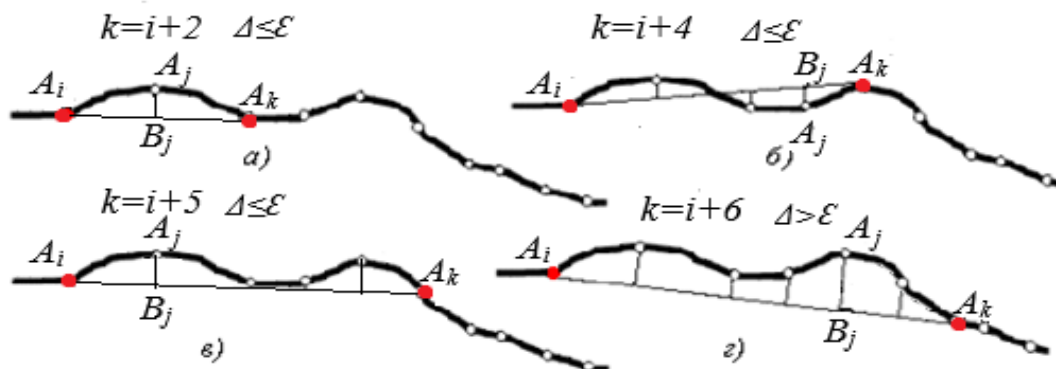


Рис. 2. Апроксимація контуру деталі із заданою точністю ε

На рис. 3 представлені приклади впливу точності апроксимації ε на форму зовнішнього контуру деталі, де: N – кількість вершин апроксимуючого багатокутника; ε – точності апроксимації. Очевидно, що зовнішні контури апроксимуючих багатокутників при точності апроксимації $\varepsilon = 0,25\text{мм}$ (рис. 3.д) та $\varepsilon = 0,1\text{мм}$ (рис. 3.е) візуально не відрізняються від вихідного апроксимуючого багатокутника, але у разі точності апроксимації $\varepsilon = 0,25\text{мм}$ кількість вершин апроксимуючого багатокутника $N = 29$, а точності апроксимації $\varepsilon = 0,1\text{мм}$ – кількість вершин апроксимуючого багатокутника $N = 372$ (рис. 3).

Нехай маємо деталь Sd та плоский геометричний об'єкт Sr , що апроксимує нашу деталь.

Під коефіцієнтом точного відображення ζ розуємо $\zeta = 1 - |Sp|/|Sd|$, де $|Sd|$ – площа деталі Sd (рис. 4.а), $|Sp|$ – площа плоского геометричного об'єкта (зафарбованої області на рис. 4.в), що визначається наступним чином:

$$Sp = (Sd \setminus Sr) \cup (Sr \setminus Sd), \quad (4)$$

тобто площа зафарбованої області на рис. 4.в.

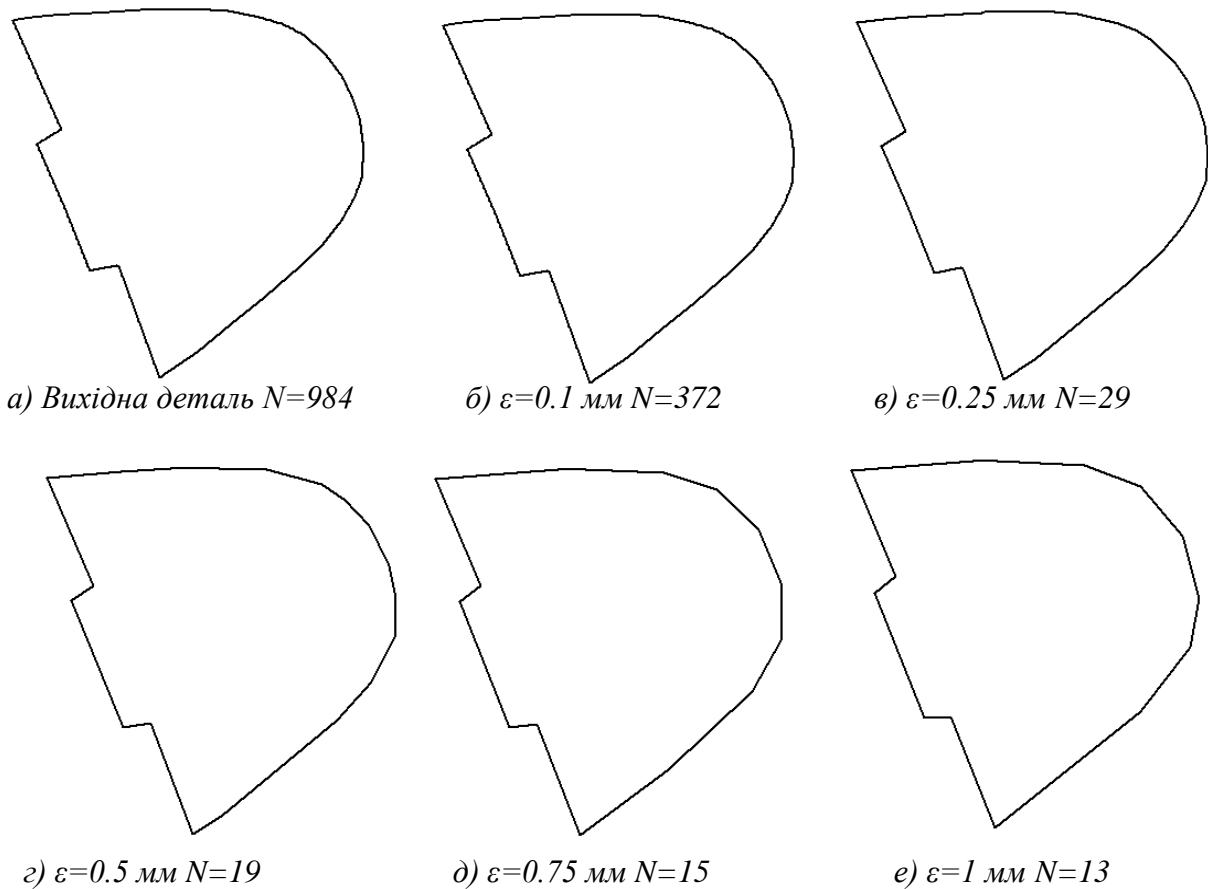


Рис. 3. Вплив точності апроксимації ε на форму зовнішнього контуру деталі

Будь-яка деталь Sd може бути представлена координатами вершин апроксимуючого опукло-ввігнутого багатокутника, тобто масивом $\{X_m, Y_m\}$, $m=1..n$. Тоді площу $|Sd|$ деталі Sd можна визначити наступним чином[20]:

$$|Sd| = \left| \sum_{m=1}^n X_m Y_{m+1} - X_{m+1} Y_m \right| / 2, \quad (5)$$

а $|Sp|$ – площу плоского геометричного об'єкта (зафарбованої області на рис. 4.в визначаємо наступним чином:

$$|Sp| = \sum_{t=1}^q Sp_t, \quad (6)$$

де Sp_t – площа t -ої елементарної ділянки об'єкта Sp та q – кількість елементарних ділянок, із яких складається об'єкт Sp .

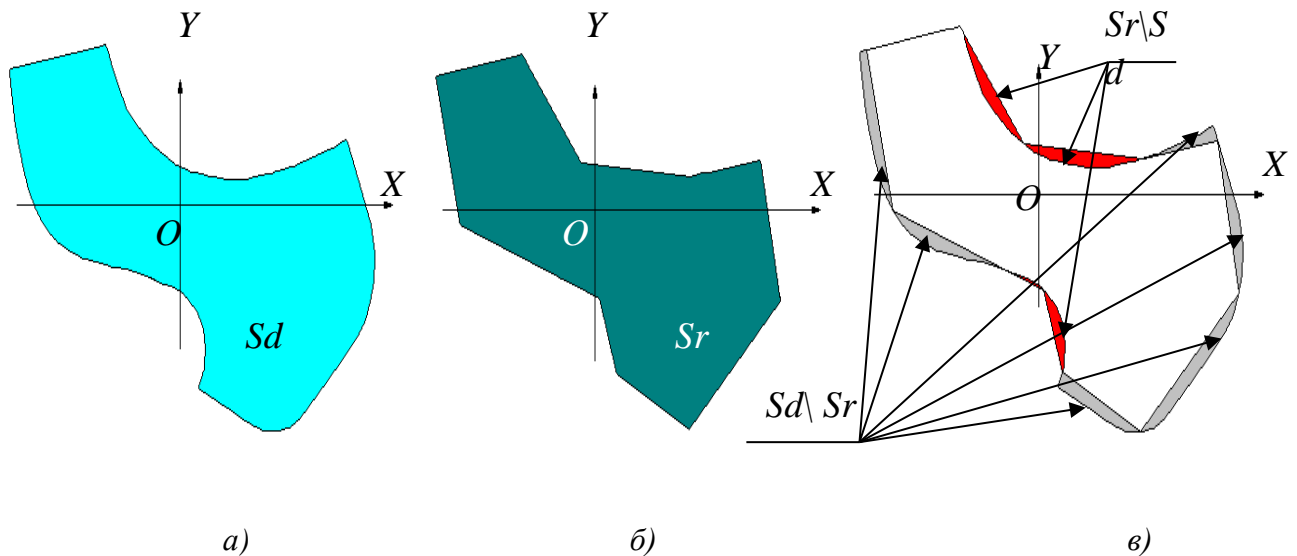


Рис. 4. Визначення коефіцієнту точного відображення

Розглянемо t -у елементарну ділянку об'єкта S_p (рис. 5) що знаходиться між двома вершинами $A_i(X_i, Y_i)$ та $A_j(X_j, Y_j)$. На цій елементарній ділянці кожна точка на контурі цієї ділянки знаходиться на відстані, що менша ε -точності ущільнення, від опорної прямої A_iA_j , якою буде замінена дуга $A_iA_kBA_{k+1}A_j$ при ущільненні інформації. Нам необхідно знайти всі базові точки на опорній прямій A_iA_j , тобто точки перетину дуги $A_iA_kBA_{k+1}A_j$ та відрізка опорної прямої A_iA_j (див. рис. 5).

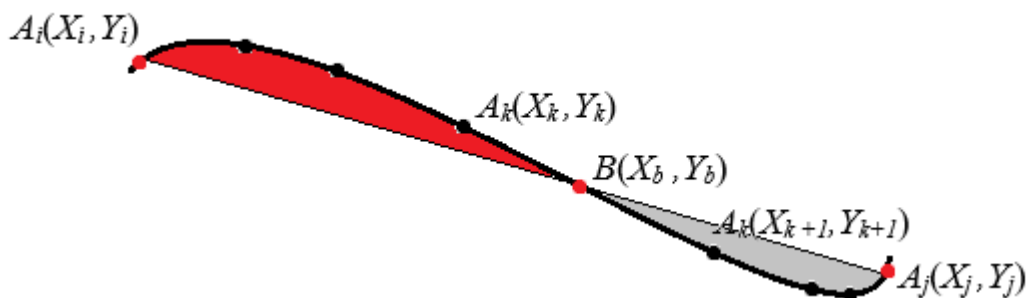


Рис. 5. Визначення базових точок на елементарній ділянці плоского геометричного об'єкту S_r

Рівняння прямої A_iA_j має вигляд:

$$P_{x1}x + P_{y1}y + P_1 = 0,$$

де $P_{x1} = Y_j - Y_i$; $P_{y1} = X_i - X_j$; $P_1 = X_jY_i - X_iY_j$

Рівняння прямої A_kA_{k+1} має вигляд:

$$P_{x2}x + P_{y2}y + P_2 = 0,$$

де $P_{x_2} = Y_{k+1} - Y_k$; $P_{y_2} = X_{k+1} - X_k$; $P_2 = X_{k+1}Y_k - X_kY_{k+1}$

Тоді базові точки ми знаходимо, розв'язавши наступну систему:

$$\begin{cases} P_{x_1}x + P_{y_1}y + P_1 = 0 \\ P_{x_2}x + P_{y_2}y + P_2 = 0 \\ (P_{x_1} \cdot X_k + P_{y_1} \cdot Y_k + P_1)(P_{x_1} \cdot X_{k+1} + P_{y_1} \cdot Y_{k+1} + P_1) \leq 0, \\ (P_{x_2} \cdot X_i + P_{y_2} \cdot Y_i + P_2)(P_{x_2} \cdot X_j + P_{y_2} \cdot Y_j + P_2) \leq 0 \end{cases} \quad (7)$$

де $k = i+1, i+2 \dots j-2$.

Тобто, якщо виконуються умови:

$$\begin{cases} (P_{x_1} \cdot X_k + P_{y_1} \cdot Y_k + P_1)(P_{x_1} \cdot X_{k+1} + P_{y_1} \cdot Y_{k+1} + P_1) \leq 0 \\ (P_{x_2} \cdot X_i + P_{y_2} \cdot Y_i + P_2)(P_{x_2} \cdot X_j + P_{y_2} \cdot Y_j + P_2) \leq 0 \end{cases} \quad (8)$$

для $k = i+1, i+2 \dots j-2$, то координати базових точок визначаємо наступними виразами:



$$\begin{cases} X = \Delta_x / \Delta \\ Y = \Delta_y / \Delta \end{cases}, \text{ де } \Delta = \begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{vmatrix} = A_1B_2 - A_2B_1; \quad (9)$$

$$\Delta_x = \begin{vmatrix} -P_1 & P_{y_1} \\ -P_2 & P_{y_2} \end{vmatrix} = -P_1P_{y_2} + P_2P_{y_1}; \quad \Delta_y = \begin{vmatrix} P_{x_1} & -P_1 \\ P_{x_2} & -P_2 \end{vmatrix} = -P_{x_1}P_2 + P_{x_2}P_1. \quad (10)$$




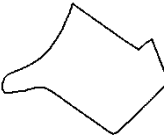




Визначивши координати опорних точок, легко знайти площу базового елемента та площу плоского геометричного об'єкту S_p . У таблиці 1 представлено залежність кількості вершин на зовнішньому контурі плоского геометричного об'єкта та коефіцієнта точноговідображення ζ від точності апроксимації ε .

Таблиця 1

Залежність кількості вершин на зовнішньому контурі плоского геометричного об'єкта від точності апроксимації ε

№	Деталь	К-сть вершин	Площа S в $см^2$ та периметр P в $см$.	Кількість вершин після ущільнення для				
				$\varepsilon = 1$ мм	$\varepsilon = 0,7$ 5 мм	$\varepsilon = 0,5$ мм	$\varepsilon = 0,25$ мм	$\varepsilon = 0,1$ мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		623	$S=16,81$ $P=28,48$	14 $\zeta=$ 0,936	16 $\zeta=$ 0,948	19 $\zeta=$ 0,972	86 $\zeta=$ 0,995	317 $\zeta=$ 0,9999
2		682	$S=40,39$ $P=30,61$	14 $\zeta=$ 0,966	15 $\zeta=$ 0,9741	20 $\zeta=$ 0,987	29 $\zeta=$ 0,996	417 $\zeta=$ 0,9999
3		816	$S=76,39$ $P=48,73$	24 $\zeta=$ 0,977	29 $\zeta=$ 0,985	45 $\zeta=$ 0,990	59 $\zeta=$ 0,998	439 $\zeta=$ 0,9999

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4		875	$S=82,12$ $P=44,5$	18 $\zeta=$ 0,978	23 $\zeta=$ 0,986	28 $\zeta=$ 0,992	63 $\zeta=$ 0,999	506 $\zeta=$ 0,9999
5		598	$S=84,37$ $P=51,27$	20 $\zeta=$ 0,985	28 $\zeta=$ 0,987	57 $\zeta=$ 0,997	98 $\zeta=$ 0,999	317 $\zeta=$ 0,9999
6		659	$S=93,02$ $P=49,4$	17 $\zeta=$ 0,976	21 $\zeta=$ 0,987	57 $\zeta=$ 0,994	96 $\zeta=$ 0,999	426 $\zeta=$ 0,9999
7		680	$S=97,03$ $P=44,9$	18 $\zeta=$ 0,982	22 $\zeta=$ 0,988	29 $\zeta=$ 0,995	69 $\zeta=$ 0,999	501 $\zeta=$ 0,9999
8		717	$S=115,55$ $P=47,1$	21 $\zeta=$ 0,988	24 $\zeta=$ 0,989	39 $\zeta=$ 0,995	74 $\zeta=$ 0,999	545 $\zeta=$ 0,9999
9		803	$S=117,28$ $P=72,33$	27 $\zeta=$ 0,985	38 $\zeta=$ 0,989	57 $\zeta=$ 0,995	83 $\zeta=$ 0,999	356 $\zeta=$ 0,9999
10		756	$S=118,51$ $P=45,82$	18 $\zeta=$ 0,985	21 $\zeta=$ 0,990	31 $\zeta=$ 0,996	76 $\zeta=$ 0,999	407 $\zeta=$ 0,9999
11		614	$S=179,18$ $P=68,28$	34 $\zeta=$ 0,986	56 $\zeta=$ 0,990	71 $\zeta=$ 0,998	96 $\zeta=$ 0,999	377 $\zeta=$ 0,9999

У разі точності $\varepsilon = 0,5$ мм площа апроксимуючого багатокутника буде відрізнятись від площі плоского геометричного об'єкту не більше ніж на 1,5%, а при точності $\varepsilon = 0,25$ мм – не більше ніж 0,7%. Кількість вершин апроксимуючого багатокутника при $0,5 \text{ мм} \leq \varepsilon \leq 0,25 \text{ мм}$ буде не більше ніж 60, що повністю задовольняє умовам формування алгоритмів раціонального розкрою матеріалів.

Висновки. За результатами аналізу існуючих методів апроксимації зовнішніх контурів плоских геометричних об'єктів для підготовки інформації для автоматизованого проектування раціональних схем розкрою обрано кусково-лінійний метод апроксимації як такий, що не має обмежень на зовнішні контури цих об'єктів.

Для цього методу апроксимації запропоновані алгоритми підготовки інформації про зовнішні контури плоских геометричних об'єктів для ефективного автоматизованого проектування раціональних схем розкрою матеріалів на ці плоскі геометричні об'єкти, які визначають допустиму точність кусково-лінійної апроксимації цих контурів, та забезпечують їх апроксимацію із цією допустимою точністю.

Ці алгоритми реалізовано в програмний продукт для ущільнення інформації про зовнішні контури у разі кусково-лінійної апроксимації цих контурів.

Отримана у результаті ущільнення інформація про зовнішні контури плоских геометричних об'єктів забезпечує скорочення часу автоматизованого проектування раціональних схем розкрою в декілька разів.

References

Література

1. Bokiĭ, V. I., Skaternoy, V. A., Svistunova, L. T. (1970). Analiticheskoye opisaniye konturov obuvnykh detaley [Analytical description of the contours of shoe parts]. *Izvestiya VUZov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti = Proceedings of universities. Light industry technology*, № 4, P. 69–73 [in Russian].
1. Бокий В. И., Скатерной В. А., Свистунова Л. Т. Аналитическое описание контуров обувных деталей. *Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности*. 1970. № 4. С. 69–73.
2. Skaternoy, V. A., Veselov, V. V. (1973). Koordinatno-trapetsiyedalnyy sposob approksimatsii obuvnykh detaley [Coordinate-trapezoidal method of approximating shoe parts]. *Izvestiya VUZov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti = Proceedings of universities. Light industry technology*, № 2, P. 72–76 [in Russian].
2. Скатерной В. А., Веселов В. В. Координатно-трапецеидальный способ аппроксимации обувных деталей. *Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности*. 1973. № 2. С. 72–76.
3. Shchukina, S. N., Nesterov, V. P. (1979). Tochechno-retseptornyy metod opisaniya konturov detaley obuvi [Point-receptor method for describing the contours of shoe parts]. In: *Nauchnyye trudy MTILP = Scientific works of MTILP*, P. 102–104 [in Russian].
3. Щукина С. Н., Нестеров В. П. Точечно-рецепторный метод описания контуров деталей обуви. В кн.: *Научные труды МТИЛП*. 1979. С. 102–104.
4. Lisnyak, A. A., Gomenyuk, S. I. (2009). Primeneniye R-funktsiy dlya geometricheskogo modelirovaniya ob"yektov slozhnoy formy [Application of R-functions for geometric modeling of objects of complex shape]. *Radioelektronika. Informatika. Upravlinnya = Radio electronics. Informatics. Management.*, № 2, P. 76–81 [in Russian].
4. Лисняк А. А., Гоменюк С. И. Применение R-функций для геометрического моделирования объектов сложной формы. *Радиоэлектроника. Информатика. Управління*. 2009. № 2. С. 76–81.
5. Balyuba, I. G., Konopatskiy, Ye. V. (2017). Konstruirovaniye dug obvoda iz krivykh odnogo otnosheniya [Construction of contour arcs from curves of one relation]. *Trudy 27-y Mezhdunarodnoy konferentsiya po komp'yuternoy grafike i mashinnomu zreniyu "GraphiCon 2017" = Proceedings of the 27th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision "GraphiCon 2017"*, Perm, P. 332–334 [in Russian].
5. Балюба И. Г., Конопацкий Е. В. Конструирование дуг обвода из кривых одного отношения. *Труды 27-й Международной конференция по компьютерной графике и машинному зрению «GraphiCon 2017»*. Пермь: ПГНИУ, 2017. С. 332–334.
6. Bakhvalov, Yu. N. (2007). Metod mnogomernoy interpolatsii i approksimatsii i yego prilozheniya [Method of multidimensional interpolation and approximation and its applications]. Moscow: Sputnik+. 108 p. [in Russian].
6. Бахвалов Ю. Н. Метод многомерной интерполяции и аппроксимации и его приложения. М.: Спутник+, 2007. 108 с.
7. Belyayev, M. G. (2013). Approksimatsiya mnogomernykh zavisimostey po strukturirovannym vyborkam [Approximation of multidimensional dependencies by structured samples]. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy = Artificial intelligence and decision making*, № 3, P. 24–39 [in Russian].
7. Беляев М. Г. Аппроксимация многомерных зависимостей по структурированным выборкам. *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2013. № 3. С. 24–39.
8. Blinov, A. O., Fralenko, V. P. (2009). Mnogomernaya approksimatsiya v zadachakh modelirovaniya i optimizatsii [Multidimensional approximation in modeling and
8. Блинов А. О., Фраленко В. П. Многомерная аппроксимация в задачах моделирования и оптимизации. *Автомат. и телемех.* 2009. № 4. С. 98–109.

- optimization problems]. *Avtomat. i telemekh. = Machine and telemech*, № 4, P. 98–109 [in Russian].
9. Konopatskiy, Ye. V. (2019). *Аппроксимация геометрических объектов с помощью дуг кривых, проходящих через наперед заданные точки* [Approximation of geometric objects using arcs of curves passing through predetermined points]. *Информационные технологии = Information Technology*, (Moscow), № 1, Vol. 25, P. 46–52 [in Russian].
10. Konopatskiy, Ye. V. (2019). *Моделирование дуг кривых, проходящих через наперед заданные точки* [Modeling arcs of curves passing through predetermined points]. *Vestnik kompyuternykh i informatsionnykh tekhnologiy = Bulletin of Computer and Information Technologies*, Moscow, № 2, P. 30–36 [in Russian].
11. Golovanov, N. N. (2020). *Геометрическое моделирование* [Geometric Modeling]. Moscow: DML Pres. 406 p [in Russian].
12. Overhauser, A. W. (1968). *Overhauser Analytic Definition of Curve and Surfaces by Parabolic Blending*. *Tech. Rep. № S168-40*, Ford Motor Company Scientific Laboratory, May 8, 1968.
13. Schoenberg, I. J. (1949). *Schoenberg Contributions to the Problem of Approximation of Equidistant Data by Analytic Functions*. *Q. Appl. Math.*, Vol. 4, P. 45–99; P. 112–141.
14. Cox, M. G. (1971). *The Numerical Evaluation of B-splines*. National Physical Laboratory DNCA 4, August 1971.
15. de Boor, C. (1972). *On Calculation with B-splines*. *J. Approx. Theory*, Vol. 6, P. 50–62.
16. Gordon, W. J., Riesenfeld, R. F. (1974). *Bernstein-Bezier Methods for the Computer Aided Design of Free-from Curves and Surfaces*. *J. ACM*, Vol. 21, P. 293–310.
17. Riesenfeld, R. F. (1972). *Application of B-Spline Approximation to Geometric Problems of Computer Aided Design*. PhD dissertation, Syracuse Univ., Syracuse, NY, 1972, Also available as U, of Utah, UTEC-CSc-73-126, March 1973.
18. Pavlenko, Yu. S., Zalevskiy, V. I., Pavlov, A. V. (1977). *Кусочно-линейная аппроксимация контуров швейных деталей с заданным допуском* [Piecewise linear approximation of the contours of sewing parts with a given tolerance]. *Izvestiya VUZov. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti = Proceedings of universities. Light industry technology*, № 4, P. 109–115 [in Russian].
19. Ilin, V. A., Poznyak, E. G. (1975). *Аналитическая геометрия* [Analytic geometry]. Moscow: Publishing house "Nauka", Main edition of physical and mathematical literature. 243 p. [in Russian].
9. Конопацкий Е. В. *Аппроксимация геометрических объектов с помощью дуг кривых, проходящих через наперед заданные точки*. *Информационные технологии*. 2019. № 1. Т. 25. С. 46–52.
10. Конопацкий Е. В. *Моделирование дуг кривых, проходящих через наперед заданные точки*. *Вестник компьютерных и информационных технологий*. 2019. № 2. С. 30–36.
11. Голованов Н. Н. *Геометрическое моделирование*. М.: ДМЛ Прес, 2020. 406 с.
12. Overhauser A. W. *Analytic Definition of Curve and Surfaces by Parabolic Blending*. *Tech. Rep. № S168-40*, Ford Motor Company Scientific Laboratory, May 8, 1968.
13. Schoenberg I. J. *Contributions to the Problem of Approximation of Equidistant Data by Analytic Functions*. *Q. Appl. Math.* 1949. Vol. 4. P. 45–99; P. 112–141.
14. Cox M. G. *The Numerical Evaluation of B-splines*. National Physical Laboratory DNCA 4, August 1971.
15. de Boor C. *On Calculation with B-splines*. *J. Approx. Theory*. 1972. Vol. 6. P. 50–62.
16. Gordon W. J., Riesenfeld R. F. *Bernstein-Bezier Methods for the Computer Aided Design of Free-from Curves and Surfaces*. *J. ACM*. 1974. Vol. 21. P. 293–310.
17. Riesenfeld R. F. *Application of B-Spline Approximation to Geometric Problems of Computer Aided Design*. PhD dissertation, Syracuse Univ., Syracuse, NY, 1972, Also available as U, of Utah, UTEC-CSc-73-126, March 1973.
18. Павленко Ю. С., Залевский В. И., Павлов А. В. *Кусочно-линейная аппроксимация контуров швейных деталей с заданным допуском*. *Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности*. 1977. № 4. С. 109–115.
19. Ильин В. А., Позняк Э. Г. *Аналитическая геометрия*. М.: Издательство "Наука", Главная редакция физико-математической литературы, 1975. 243 с.

20. Vodnev, V. T., Naumovich, A. F., Naumovich, N. F. (1988). Osnovnyye matematicheskiye formuly [Basic Mathematical Formulas]. Minsk: Vysheyshaya shkola. 270 p. [in Russian].

20. Воднев В. Т., Наумович А. Ф., Наумович Н. Ф. Основные математические формулы. Минск: Вышэйшая школа, 1988. 270 с.

CHUPRYNKA VIKTOR

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Computer Science, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6869-3091>
E-mail: Chuprynka_V_I@ukr.net

CHUPRYNKA NATALIA

Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of Information and Computer Technologies, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1507-489X>
E-mail: natasha-chup@ukr.net

VASYLENKO OLEKSIY

Graduate Student of the Department of Computer Science, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
E-mail: akvalakh@gmail.com

NAUMENKO BOHDAN

Graduate Student of the Department of Computer Science, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
E-mail: bohdanych2011@gmail.com

ЧУПРИНКА В. И., ЧУПРИНКА Н. В., ВАСИЛЕНКО О. Л., НАУМЕНКО Б. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина

**ПОДГОТОВКА ИНФОРМАЦИИ О ВНЕШНИХ КОНТУРАХ
ПЛОСКИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ РАСКРОЯ**

Цель. Разработать математическое и программное обеспечение подготовки информации о внешних контурах плоских геометрических объектов для эффективного автоматизированного проектирования рациональных схем раскроя материалов на эти плоские геометрические объекты.

Методика. При разработке алгоритмов подготовки информации о внешних контурах плоских геометрических объектов с допустимой точностью аппроксимации использованы методы аналитической геометрии и прикладной математики.

Результаты. Для эффективного использования программного обеспечения автоматизированного проектирования рациональных схем раскроя материалов на плоские геометрические объекты предложены алгоритмы подготовки информации о внешних контурах плоских геометрических объектов с допустимой точностью, что обеспечивает сокращение времени автоматизированного проектирования рациональных схем раскроя в несколько раз. Особенно это важно при интерактивном проектировании и корректировке раскройных схем. Проанализировав значение коэффициента точного отображения при заданной точности аппроксимации рекомендуется допустимую точность аппроксимации при автоматической подготовке информации о внешних контурах деталей обуви выбрать в диапазоне $0.5 \text{ мм} \leq \varepsilon \leq 0.25$.

Научная новизна. Предложены алгоритмы подготовки информации о внешних контурах плоских геометрических объектов для эффективного автоматизированного проектирования рациональных схем раскроя материалов на эти плоские геометрические объекты, которые определяет допустимую точность кусочно-линейной аппроксимации этих контуров, и обеспечивает их аппроксимацию с этой допустимой точностью.

Практическая значимость. Предложенные алгоритмы подготовки информации о внешних контурах плоских геометрических объектов для эффективного автоматизированного проектирования рациональных схем раскроя материалов на эти плоские геометрические объекты были реализованы в программный продукт для уплотнения информации о внешних контурах при

кусочно-линейной аппроксимации этих контуров. В результате уплотнения полученная информация о внешних контурах плоских геометрических объектов обеспечит сокращение времени автоматизированного проектирования рациональных схем раскроя в несколько раз.

Ключевые слова: внешний контур; плоский геометрический объект; деталь; аппроксимация; уплотнение информации; рациональная схема раскроя; математическое и программное обеспечение.

CHUPRYNKA V. I., CHUPRYNKA N. V., VASYLENKO O. L., NAUMENKO B. V.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**PREPARATION OF INFORMATION ON THE EXTERNAL CONTOURS
OF FLAT GEOMETRIC OBJECTS FOR EFFECTIVE AUTOMATED DESIGN
OF RATIONAL CUTTING SCHEMES**

Purpose. To develop mathematical and software for preparing information about the external contours of flat geometric objects for effective automated design of rational schemes for cutting materials for these flat geometric objects.

Methodology. During the development of algorithms for the preparation of information about the external contours of flat geometric objects with acceptable approximation accuracy, the methods of analytical geometry and applied mathematics were used.

Findings. For the effective use of the software for the automated design of rational schemes for cutting materials into flat geometric objects, algorithms for preparing information about the external contours of flat geometric objects with acceptable accuracy are proposed, which ensure a reduction in the time of automated design of rational schemes for cutting several times. This is especially important for interactive design and correction of cutting patterns. After analyzing the value of the exact display coefficient for a given approximation accuracy, it is recommended to select the allowable approximation accuracy for automatic preparation of information about the external contours of shoe parts in the range of $0.5 \text{ mm} \leq \varepsilon \leq 0.25$.

Originality. Algorithms for preparing information about the external contours of flat geometric objects for efficient automated design of rational schemes for cutting materials for these flat geometric objects are proposed, which determine the permissible accuracy of the piecewise linear approximation of these contours and ensure their approximation with this permissible accuracy.

Practical value. The proposed algorithms for preparing information about the external contours of flat geometric objects for efficient automated design of rational schemes for cutting materials for these flat geometric objects were implemented in a software product for compacting information about external contours during piecewise linear approximation of these contours. As a result of compaction, the information obtained about the external contours of flat geometric objects will reduce the time of automated design of rational cutting patterns by several times.

Key words: external contour; flat geometric object; detail; approximation; compaction of information; rational cutting scheme; mathematical and software.

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.4.5>

УДК 678.679:2

СВІСТІЛЬНИК Р. Ф., ФЕДОРІВ Т. Р.,
САВЧЕНКО Б. М., ОСАУЛЕНКО С. І.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ГІБРИДНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ

Мета дослідження. Розроблення технології та складу електропровідних полімерних покриттів з регульованим рівнем електричного опору на основі вуглецевих складових для застосування при створенні гнучких нагрівальних елементів.

Методи дослідження: Визначали питомий поверхневий та об'ємний електричний опори за методом Кельвіна використовуючи чотириелектродну схему.

Результати. Електричний опір покриття в значній мірі залежить від способу його нанесення та виду субстрату, що застосовується. Роликаний аплікатор забезпечує отримання монолітного багатошарового покриття з низьким значенням питомого об'ємного електричного опору. Паперовий субстрат дозволяє сформувати бездефектне покриття завдяки швидкому поглинанню розчинника та попередженню розширення системи через зростання її в'язкості. Проте плівковий субстрат є більш придатним у випадку створення нагрівальних елементів. Товщина покриття впливає на значення питомого об'ємного електричного опору і дозволяє керовано регулювати його електропровідність. Найнижчі значення електричного опору для створених покриттів отримані у випадку використання електропровідної сажі марки ХС 72 в кількості 10–20% мас. Введення інертних наповнювачів у склад композиції дозволяє знизити горючість покриття та покращити електропровідність за рахунок зменшення частки діелектричної полімерної матриці та покращення перколяції. Модифікація полімерної матриці реактопластичним компонентом – бакелітовою смолою забезпечує отримання термостабільного покриття, стійкого до дії розчинників.

Наукова новизна. Встановлено залежність питомого електричного опору покриття від вмісту та виду сажі. Показано можливість регулювати електропровідність покриття шляхом введення інертного мінерального наповнювача в склад композиції.

Практична значимість. Встановлено вплив технології нанесення покриття на значення його електричного опору. Визначена залежність питомого електричного опору покриття від виду субстрату.

Ключові слова: полівінілбутираль; електропровідний наповнювач; електропровідні покриття; сажа; графіт; антипірен.

Вступ. Композитні покриття з електричними властивостями широко застосовуються в сучасній техніці – це і створення нагрівальних елементів, поводження зі статичною електрикою, радіоекранування, і т.д. На відміну від електричних композитних матеріалів покриття мають ряд переваг, зокрема, надання певним об'єктам електропровідних властивостей більш економічно доцільно через нанесення електричного покриття, ніж створення електропровідної матриці.

Призначення електропровідних покриттів – забезпечити проходження електричного струму або відведення з поверхні статичної електрики. Електропровідними вважаються покриття, які мають питомий електричний опір, менше за 10^5 Ом•м. Підвищена електрична провідність покриттів досягається: 1) застосуванням плівкоутворювачів з великою електронною (напівпровідники) або іонною (поліелектроліти) провідністю; 2) використанням електропровідних наповнювачів; 3) введенням до складу покриттів або обробкою їхньої поверхні поверхнево-активними речовинами.

Для подальших досліджень було обрано варіант з використанням електропровідних наповнювачів, оскільки в такий спосіб можна варіювати в широких межах властивості кінцевих виробів. Електрична провідність таких наповнених покриттів визначається в основному складом та електричними параметрами окремих компонентів, а також залежить від

якості змішування компонентів, їх попередньої обробки, а також від об'ємної частки провідного наповнювача та його електропровідності. Якщо дрібні частинки наповнювача розташовані на великих відстанях один від одного, то провідність всього композиту обмежується електропровідністю полімерної матриці (залежно від вибору матеріалу матриці) [1]. Збільшення кількості частинок наповнювача зменшує відстані між центрами цих частинок до досягнення певного критичного значення, при якому досягається різке збільшення електропровідності. Це критичне значення називається порогом перколяції – відсотком наповнювача, вище якого в композитній матриці утворюються безперервні провідні ділянки. При невеликих відмінностях вмісту наповнювача електропровідність може змінюватися на кілька порядків. Лише коли його вміст досить великий, численні провідні області утворюють тривимірну мережу. Тоді подальше збільшення об'єму наповнювача не викликає істотних змін електропровідності [2].

Аналіз літературних джерел в даному напрямку дозволив визначити основні полімерні матриці та види наповнювачів, що застосовуються для цих цілей [3]. Так автори робіт [4] для створення струмопровідних композитів застосовували полярні полімери – полівінілхлорид і фторполімери та неполярний надвисокомолекулярний поліетилен. Електропровідність композитів на основі полярних полімерних матриць була вищою, ніж для композитів з неполярною матрицею. Також для електропровідних композицій застосовували полілактид [5], поліетилен та поліпропілен [6], акрилонітрил-бутадієнстирол пластик [7], поліамід [8], поліуретан [9].

Як струмопровідні наповнювачі застосовують сажу, графіт, вуглецеві волокна, металічні порошки, вуглецеві нанотрубки, графен, тощо, а також їх поєднання [10].

Постановка завдання. Створення композитних полімерних покриттів з високими електричними характеристиками з доступних дешевих компонентів та покриттів з максимальними електричними властивостями забезпечить вирішення ряду питань в галузі створення гнучких нагрівальних елементів, поводження зі статичною електрикою, та ін. Метою даної роботи було розроблення технології та складу електропровідних полімерних покриттів з регульованим рівнем електричного опору на основі вуглецевих складових для застосування при створенні гнучких нагрівальних елементів.

Вихідні матеріали та методи. Для досліджень було використано ряд електропровідних наповнювачів – колоїдний графітовий препарат марки С-0 (ТОВ «Завалівський графіт»), сажу марок Black Pearls® 2000 Cabot, Vulcan XC 72 Cabot Corporation та вітчизняну марку N330, мінеральний наповнювач карбонат кальцію марки Омуа АG Омуаfiber 800, антипіренний доданок – декабромдифенілетан. Полімерною матрицею було обрано полівінілбутираль (ПВБ) марки SDW-3A та бакелітову смолу (БС) (фенол формальдегідна смола резольного типу).

Як допоміжні речовини при отриманні покриттів застосовували ізопропіловий спирт технічний. Рецептурний склад досліджуваних композицій наведено в таблиці 1.

Для приготування композицій було використано лабораторне устаткування – млин тривалковий марки Ехаст 35, верхньопривідний змішувач марки ІКА RW20 (діаметр дисольверної мішалки – 50 мм). Технологія отримання електропровідного полімерного покриття передбачає кілька стадій (рис. 1).

Спочатку проводилось змішування порошкоподібних наповнювачів з ізопропіловим спиртом на дисольвері 41 протягом 20 хв та їх перетирання на тривалковому млині 7 – на мінімальному проміжку між валами при трикратному пропускання через вали до утворення однорідної пасту. Далі отриману пасту вводили за допомогою дисольверу 43 в попередньо приготований розчин ПВБ у ізопропіловому спирті (з використанням дисольверу 42 при швидкості обертання мішалки 300 об/хв протягом 6 год). Тривалість перемішування пасту з розчином ПВБ – 1 год, швидкість обертання мішалки – 800 об/хв. Отриману суміш контролювали за вмістом сухого залишку для забезпечення витримки заданих пропорцій

компонентів. Сухий залишок у фарбі становив 25% мас., що контролювали ваговим методом. В'язкість фарби контролювали за віскозиметром типу «келих» з діаметром отвору 4мм за ISO 2431. В'язкість фарби підтримували в діапазоні 20–30 с шляхом введення розчинника.

Таблиця 1

Рецептурний склад досліджуваних полімерних композицій

Номер композиції	Вміст компонентів, % мас.							
	Полімерна матриця		Графіт	Сажа ВР 2000	Сажа ХС 72	Сажа N330	Карбонат кальцію	Декабром-дифенілетан
	ПВБ	БС						
2	30	-	60	10	-	-	-	-
3	30	-	55	15	-	-	-	-
4	30	-	50	20	-	-	-	-
6	30	-	60	-	10	-	-	-
7	30	-	55	-	15	-	-	-
8	30	-	50	-	20	-	-	-
9	20	-	60	10	-	-	10	-
10	30	-	50	10	-	-	10	-
11	30	-	55	10	-	-	5	-
12	25	-	60	10	-	-	5	-
13	20	-	55	10	-	-	-	15
14	20	-	50	10	-	-	-	20
15	20	-	45	10	-	-	-	25
18	15	5	40	10	-	-	10	20
19	20	-	40	10	-	-	10	20
20	20	-	60	10	-	-	-	10
21	30	-	60	-	-	10	-	-
22	30	-	55	-	-	15	-	-
23	30	-	50	-	-	20	-	-
24	30	-	70	-	-	-	-	-

Отриману однорідну суміш наносили на субстрат з біаксіально орієнтованої ПЕТ плівки за допомогою щільного ракульного аплікатору задаючи товщину 50, 75 та 100 мкм. Швидкість переміщення аплікатору на поверхні плівки утримувалась сталою і складала 100мм/хв. Після аплікування покриття висушували протягом 24 год на повітрі. Також як субстрат було використано папір – ватман зі щільність 170г/м², на який наносили покриття роликвим аплікатором роблячи 5–7 проходів роликком.

Вимірювання поверхневого та об'ємного електричного опорів здійснювали за 4-х електродною схемою – методом Кельвіна. 4-провідний метод вимірювання опору – це дуже точний метод вимірювання, який дозволяє вимірювати дуже низький опір із високою точністю. Він використовується для запобігання проблемам з контактним опором або опором вивідного дроту ланцюга [11]. У 4-провідному методі вимірювання опору використовується чотирьохпровідне з'єднання, де двопровідне з'єднання використовується для подачі струму на вимірювальний компонент, а інше двопровідне з'єднання використовується для вимірювання падіння напруги на вимірювальному елементі (рис. 2).

Такий спосіб вимірювання дозволяє визначити об'ємний питомий електричний опір саме покриттів. Питомий поверхневий електричний опір покриття при лінійному розміщенні електродів визначали за формулою [11]:

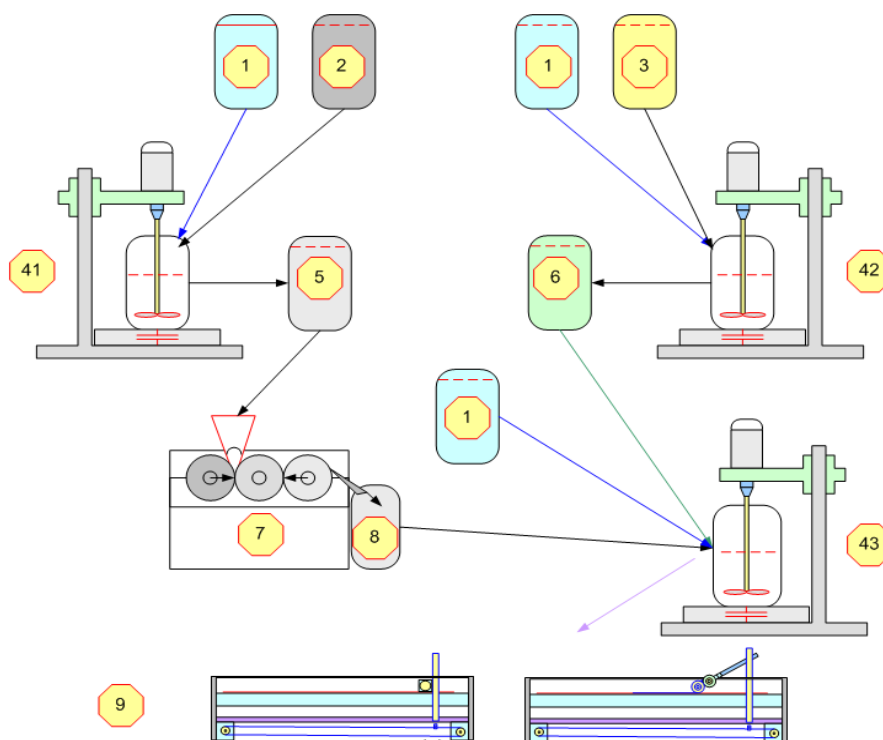
$$\rho_s = \frac{\pi}{\ln 2} D \frac{U}{I} = 4.53 \cdot D \frac{U}{I}, \quad (1)$$

де ρ_s – питомий поверхневий електричний опір Ом·см;

D – коефіцієнт корекції форми зразка і розміщення зонду під час вимірювання;

U – різниця електричних потенціалів (напруга) на кінцях зразка, В;

I – сила струму, що протікає між кінцями зразка під дією різниці потенціалів, А.



Почначення: 1 – розчинник; 2 – наповнювач; 3 – полімерна основа; 41 – дисольвер для отримання суміші наповнювач/розчинник; 42 – дисольвер для отримання розчину полімерної основи; 5 – суміш наповнювач/розчинник; 6 – розчин полімерної основи; 7 – тривалковий млин; 8 – суміш наповнювача і розчинника, перетерта до стану пасти; 43 – дисольвер для отримання фарби, придатної до нанесення на субстрат; 9 – аплікатор для нанесення покриття.

Рис. 1. Технологія отримання електропровідного полімерного покриття

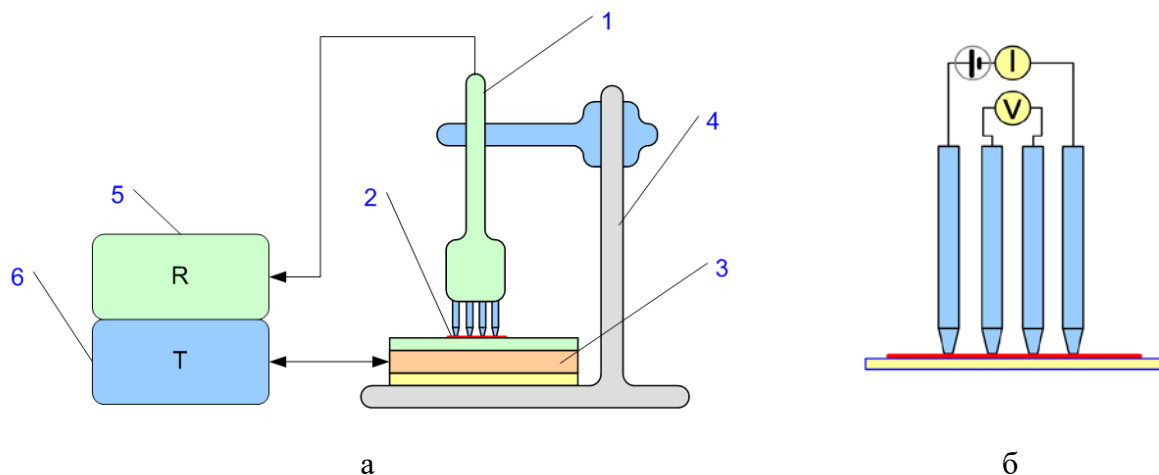


Рис. 2. Схема вимірювання питомого електричного опору (а) з використанням 4-х електродної комірки (б)

Питомий об'ємний електричний опір покриття визначали за формулою [11]:

$$\rho = \rho_s \cdot H, \quad (2)$$

де H – товщина зразка, м.

Результати досліджень. На першому етапі роботи було досліджено вплив технології нанесення покриття на його електричний опір.

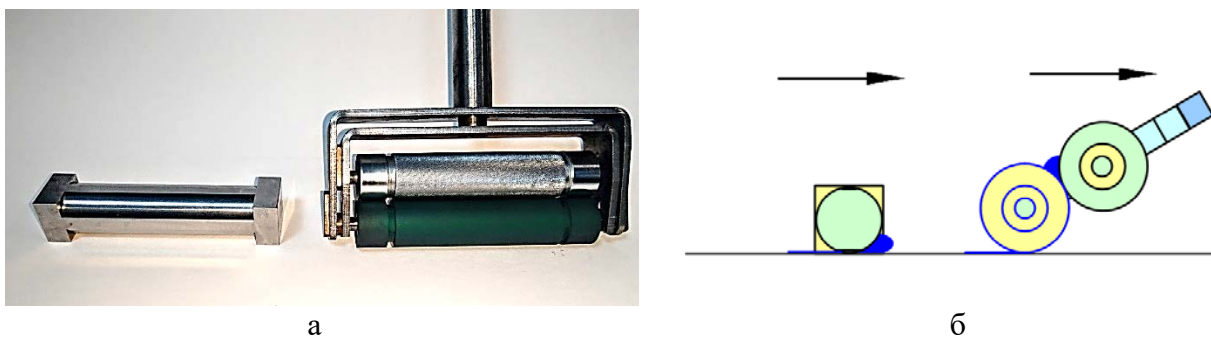


Рис. 3. Аплікатори для нанесення покриття: а – зовнішній вигляд: ліворуч – щілинний ракельний, праворуч – роликівий; б – схема формування шару щілинним ракельним (ліворуч) та роликівим (праворуч) аплікаторами

Для створення покриттів використовувались два способи нанесення різними типами пристроїв: щілинний ракельний та роликівий аплікатори (рис. 3). Обидва види аплікаторів широко використовуються в технологіях створення покриттів – ракельний – для більш в'язких систем, роликівий – для систем з низькою в'язкістю. Роликівий аплікатор є моделлю флексографічного способу друку. Ракельний використовується в технологіях каширування. Ракельний аплікатор дозволяє наносити певну, часто значну, товщину за 1 прохід і при цьому чинить мінімальний тиск на фарбу, яка наноситься. Роликівий аплікатор за один прохід дозволяє нанести невелику товщину покриття, при цьому задається орієнтація частинок системи в напрямку нанесення і створюється певний тиск на фарбу, сформоване покриття ущільнюється в результаті формування. Таким чином, кожна з технологій дозволяє нанести різну кількість фарби на одиницю площі субстрату, і отримати покриття з різною товщиною. Електричний опір також в значній мірі залежить від технології створення покриття (табл. 2, композиція 18) та його товщини. При збільшенні товщини покриття відбувається зниження його електричного опору не залежно від технології нанесення, що пов'язано зі збільшенням частки електропровідного компоненту в одиниці об'єму дослідного зразка (табл. 2, композиція 6).

Ще один фактор, що впливає на значення електричного опору досліджуваного покриття, це вид субстрату.

Для досліджень використовувались два види субстрату – біаксіально орієнтована ПЕТ плівка, товщиною 150 мкм та папір – ватман, товщиною 240 мкм. При нанесенні фарби на паперову основу розчинник поглинається папером і система швидко стає в'язкою, що запобігає седиментації частинок фарби та її розшаруванню. У випадку плівки – розчинник тільки випаровується і система тривалий час залишається низьков'язкою, що призводить до розшарування, особливо на високосажонаповнених композиціях. В результаті покриття на паперовій основі на порядок-два мають нижчий електричний опір (табл. 2, композиції 4, 8). Проте папір не можна розглядати як варіант субстрату, при створенні нагрівачів, лише як проміжний етап у наукових цілях при розробці складу покриття.

Таблиця 2

Питомий поверхневий та об'ємний електричний опір досліджуваних композицій

Номер композиції	Технологія нанесення	Вид субстрату	Товщина, мкм	Опір, Ом	Питомий поверхневий електричний опір, Ом	Питомий об'ємний електричний опір, Ом•см
18	ракельний	плівка	30–40	336,00	1514,00	1,34
	роликовий	плівка	30–40	55,80	251,00	0,28
		папір	100–150	11,10	49,90	0,19
6	ракельний	плівка	20	329,00	1485,00	2,97
			25	265,00	1194,00	2,99
			30	163,30	735,00	2,21
	роликовий	папір	50	14,50	65,30	0,07
			75	9,60	43,20	0,07
			140	5,90	26,50	0,08
4	ракельний	плівка	30–40	214,60	962,00	2,89
	роликовий	папір	100–150	9,00	40,60	0,06
8	ракельний	плівка	30–40	37,30	168,30	0,50
	роликовий	папір	100–150	2,00	8,90	0,03

Електропровідність покриття в значній мірі визначається складом композиції та співвідношенням її компонентів. Тому наступним етапом роботи було дослідження впливу виду сажі та її кількості на зміну електричного опору покриття (табл. 3, композиції 2–4, 6–8, 21–24).

Таблиця 3

Питомий поверхневий та об'ємний електричний опір досліджуваних композицій

Номер композиції	Технологія нанесення	Вид субстрату	Товщина, мкм	Опір, Ом	Питомий поверхневий електричний опір, Ом	Питомий об'ємний електричний опір, Ом•см
2	роликовий	папір	100–150	21,50	97,40	0,22
3				4,30	19,50	0,07
4				9,00	40,60	0,06
6				5,90	26,50	0,08
7				3,00	13,70	0,04
8				2,00	8,90	0,03
21				21,30	95,60	0,28
22				11,60	52,50	0,15
23				6,60	29,30	0,09
24				58,20	262,00	0,58

Для досліджень використано сучасні промислові марки електропровідних ацетиленових саж, що містять іони металів та відрізняються питомою поверхнею. Сажа ВР2000 володіє вищою питомою поверхнею і за вартістю дорожча від ХС 72 майже в 2,5 рази. Також для досліджень використано вітчизняну марку газової сажі N330, яка має значно нижчу ціну. Для створення покриття з композицій зі всіма видами сажі використовували роликовий аплікатор, яким наносили на паперовий субстрат покриття товщиною 100–150 мкм. Аналіз отриманих значень електричного опору показує, що вітчизняна сажа марки N330 дозволяє

отримувати покриття з питомим поверхневим електричним опором на рівні з сажею ВР2000, а при 20% мас навіть на 30% нижчим значенням електричного опору. Хоча питомий об'ємний електричний опір для композицій з вітчизняною сажею має вищі значення, що зумовлено високою питомою поверхнею сажі ВР2000. Для сажі марки ХС 72 спостерігаються найнижчі значення питомих електричних опорів. Крім того, при збільшенні вмісту сажі ХС 72 в композиції з 10% мас до 20% мас. значення питомого об'ємного електричного опору знижується в 2,8 рази, для сажі ВР2000 – в 3,4 рази, а для сажі N330 – в 3 раз.

Якщо порівнювати з композицією, яка містить тільки графіт, то введення 10% мас. навіть сажі марки N330 дозволяє знизити електричний опір практично в 2 рази за рахунок розміщення частинок сажі між торцями частинок графіту та збільшення зони контакту між електропровідними частинками.

Створювані покриття передбачається використовувати для виготовлення плівкових нагрівачів. В цьому випадку важливим показником є горючість тому, наступний етап досліджень присвячений розробці технологій зниження горючості покриттів. Було використано пасивний та активний способи зниження горючості покриттів. Пасивний спосіб передбачає введення в склад композиції інертного мінерального наповнювача на основі обробленого карбонату кальцію природного походження в кількості 5–10% мас. Введення наповнювача дозволяє зменшити частку полімерної матриці в системі, концентрувати частинки сажі та графіту навколо частинок наповнювача, і тим самим заповнити простір в композиції, так званім, інертним носієм струмопровідного наповнювача. Отримані результати питомого опору досліджуваних композицій (табл. 4, композиції 9–10) підтвердили висловлене припущення, зокрема, при заміщенні 10% мас. карбонату кальцію частини ПВБ (композиція 9) питомий об'ємний електричний опір зменшується в 4 рази порівняно з композицією 2 при товщині покриття 100–150 мкм. Заміщення інертним наповнювачем частини полімерної матриці викликає зниження електричного опору композиції, а заміщення електропровідного наповнювача графіту – до зростання опору, що ймовірно пов'язано з ускладненням перколяції в наслідок збільшення вмісту діелектричних складових композиції. Аналогічна залежність прослідковується при заміщенні частини полімерної матриці на 10% мас. дакебромдифенілетану (композиція 20).

Активний спосіб зниження горючості покриття передбачає введення в склад композиції 10–25% мас. антипірену – дакебромдифенілетану – добавки, яка знижує горючість шляхом свого розкладання та виділення продуктів, що не підтримують горіння. Крім того, антипірен є високополярною органічною сполукою, що може бути джерелом іонів і дозволяє реалізувати в композиції поєднання двох видів провідності – перколяційної та іонної (табл. 4, композиції 13–15). Найнижче значення електричного опору спостерігається при 20% мас. антипірену.

Введення бакелітової смоли в склад полімерної матриці в кількості 5% мас. дозволяє отримувати стійкі покриття за рахунок термічного структурування бакелітової смоли після термообробки при 110°C. (табл. 4, композиція 18). Структуроване покриття володіє зниженою розчинністю та підвищеною термічною стабільністю. Питомий об'ємний електричний опір для зразків на плівковому субстраті знижується після структурування полімерної матриці.

Досліджені композиції володіють рівнем електричного опору, придатним для виготовлення плівкових нагрівальних елементів. Дослідження температурної залежності електричного опору будуть розглянуті в наступних дослідженнях та дозволять обрати оптимальний склад композиції для створення нагрівальних елементів зі специфічним рівнем потужності.

Висновки. Електричний опір покриття суттєво знижується зі зростанням його товщини, що пов'язано з утворенням стійкої та стабільної просторової перколяційної структури. Просторова перколяційна структура в розгуляному випадку створюється за

рахунок агрегатів графіту та досить великих частинок наповнювачів, розмір яких співрозмірний з товщиною покриття 30–40 мкм.

Таблиця 4

Питомий поверхневий та об'ємний електричний опір досліджуваних композицій

Номер композиції	Технологія нанесення	Вид субстрату	Товщина, мкм	Опір, кОм	Питомий поверхневий електричний опір, кОм	Питомий об'ємний електричний опір, Ом•см
2	роликовий	папір	100–150	21,50	97,40	0,22
9	ракельний	плівка	30–40	69,60	313,00	1,25
	роликовий	папір	100–150	4,50	20,30	0,06
10	ракельний	плівка	30–40	630,00	2830,00	11,32
13	ракельний	плівка	30–40	285,00	1286,00	5,14
14	ракельний	плівка	30–40	236,00	1067,00	3,73
	роликовий	папір	125	9,80	44,20	0,12
15	ракельний	плівка	30–40	419,00	1887,00	5,66
18	ракельний	плівка	30–40	336,00	1514,00	1,34
		плівка	50	55,80	251,00	0,28
	роликовий	папір	100–150	11,00	49,30	0,20
18*	роликовий	плівка	50	44,90	202,30	0,22
		папір	100–150	11,10	49,90	0,20
19	роликовий	плівка	100–150	18,00	81,50	0,18
		папір	100–150	15,10	67,80	0,15
20	роликовий	папір	100–150	4,30	19,50	0,06

* термообробка 110°C, протягом 30 хв

Поєднання графіту і сажі дозволяє отримати синергічний ефект, і створити покриття, що мають нижче значення електричного опору порівняно з композицією, яка містить тільки моно наповнювач.

Нанесення покриттів за допомогою щілинного ракельного та роликового аплікаторів суттєво впливає на значення електричного опору досліджуваних зразків. Нанесення електропровідного покриття одним монолітним шаром щілинний ракельним аплікатором призводить до розшарування, розділення складових системи внаслідок високого часу випаровування розчинника. Формування покриття з багатьох тонких шарів за допомогою роликового аплікатору дозволяє отримати покриття з нижчими значення електричного опору.

Великий вплив на величину електричного опору покриття має вид субстрату. Плівковий субстрат володіє поверхнею з низькою розгалуженістю та не поглинає розчинник. Час, необхідний для випаровування розчинника, є достатнім для розділення компонентів суміші. Паперовий субстрат здатен швидко поглинати розчинник та стабілізувати систему шляхом різкого зростання в'язкості, що дозволяє отримати покриття з низьким електричним опором. Введення наповнювачів для зниження горючості покриття в межах 10–20% мас. дозволяє зменшити вміст горючої полімерної матриці в композиції та понизити рівень електричного опору. Введення в склад полімерної матриці бакелітової смоли забезпечує отримання покриттів, придатних до термічного структурування, що покращує їх стабільність і стійкість до дії розчинників. Покриття після термічного структурування володіють нижчим значенням електричного опору порівняно з неструктурованими.

References

1. Myalski, J., Wieczorek, J. (2009). Właściwości kompozytów polimerowych zawierających cząstki srebra. *Kompozyty*, № 9 (2), P. 175–180.
2. Pal, R. (2007). On the Electrical Conductivity of Particulate Composites. *J Compos Materials*. <https://doi.org/10.1177/0021998307076489>.
3. Augustyn, P., Rytlewski, P., Moraczewski, K. et al. (2021). A review on the direct electroplating of polymeric materials. *J Mater Sci.*, № 56, P. 14881–14899. <https://doi.org/10.1007/s10853-021-06246-w>.
4. Shiyanova, K., Gudkov, M., Gorenberg, A., Melnikov, V. (2020). Segregated Network Polymer Composites with High Electrical Conductivity and Well Mechanical Properties based on PVC, P(VDF-TFE), UHMWPE, and rGO. *ACS Omega*, № 5 (39), P. 25148–25155. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02859>.
5. Pietrzak, Ł., Jeszka, J. (2010). Nanokompozyty polilaktyd/wielościennie nanorurki węglowe – otrzymywanie i właściwości elektryczne. *Polimery*, № 55, P. 7–8.
6. Frąckowiak, S., Kozłowski, M. (2010). Polimerowe kompozyty elektroprowadzące jako materiały o potencjale sensorycznym. *Polimery*, № 55, P. 5.
7. Naguchi, H., Kakagawa, T. (2000). Development of high conductivity plastic using short copper fiber. *Seikei-Kakou*, № 12 (2), P. 111–114.
8. Gardiner, F. L., Carter, E. J. (2009). Polymer Electronics – A Flexible Technology. In: *Highly Conductive Plastics-Custom-formulated Functional Materials for Injection Mouldable Electronic Applications*. Eds. W. Michaeli, T. Pfefferkorn, J. Fragner. Smithers Rapra Technology, Shawbury. P. 43–56.
9. Dupenne, D., Lonjon, A., Dantras, E., Pierré, T., Lubineau, M., Lacabanne, C. (2021). Carbon fiber reinforced polymer metallization via a conductive silver nanowires polyurethane coating for electromagnetic shielding. *J Appl Polym Sci*. <https://doi.org/10.1002/app.50146>.
10. Kuryptya, Y., Savchenko, B., Sliptsov, A., Plavan, V., Sova, N. (2016). Design of electrically conducting polymer hybrid composites based on polyvinyl chloride and polyethylene. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologi*~~esthis link is disabled~~, No. 3 (6-81), P. 26–32.

Література

1. Myalski J., Wieczorek J. Właściwości kompozytów polimerowych zawierających cząstki srebra. *Kompozyty*. 2009. № 9 (2). P. 175–180.
2. Pal R. On the Electrical Conductivity of Particulate Composites. *J Compos Materials*. 2007. <https://doi.org/10.1177/0021998307076489>.
3. Augustyn P., Rytlewski P., Moraczewski K. et al. A review on the direct electroplating of polymeric materials. *J Mater Sci*. 2021. № 56, P. 14881–14899. <https://doi.org/10.1007/s10853-021-06246-w>.
4. Shiyanova K., Gudkov M., Gorenberg A., Melnikov V. Segregated Network Polymer Composites with High Electrical Conductivity and Well Mechanical Properties based on PVC, P(VDF-TFE), UHMWPE, and rGO. *ACS Omega*. 2020. № 5 (39). P. 25148–25155. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02859>.
5. Pietrzak Ł., Jeszka J. Nanokompozyty polilaktyd/wielościennie nanorurki węglowe – otrzymywanie i właściwości elektryczne. *Polimery*. 2010. № 55. P. 7–8.
6. Frąckowiak S., Kozłowski M. Polimerowe kompozyty elektroprowadzące jako materiały o potencjale sensorycznym. *Polimery*. 2010. № 55. P. 5.
7. Naguchi H., Kakagawa T. Development of high conductivity plastic using short copper fiber. *Seikei-Kakou*. 2000. № 12 (2). P. 111–114.
8. Gardiner F. L., Carter E. J. Polymer Electronics – A Flexible Technology. In: *Highly Conductive Plastics-Custom-formulated Functional Materials for Injection Mouldable Electronic Applications*. Eds. W. Michaeli, T. Pfefferkorn, J. Fragner. Smithers Rapra Technology, Shawbury, 2009. P. 43–56.
9. Dupenne D., Lonjon A., Dantras E., Pierré T., Lubineau M., Lacabanne C. Carbon fiber reinforced polymer metallization via a conductive silver nanowires polyurethane coating for electromagnetic shielding. *J Appl Polym Sci*. 2021. <https://doi.org/10.1002/app.50146>.
10. Kuryptya Y., Savchenko B., Sliptsov A., Plavan V., Sova N. Design of electrically conducting polymer hybrid composites based on polyvinyl chloride and polyethylene. *Eastern-European Journal of Enterprise*

11. Heaney, M. B. (2003). Electrical Conductivity and Resistivity. In: *Electrical Measurement, Signal Processing, and Displays*. Ed. John G. Webster. CRC Press.

Technologiethis link is disabled. 2016. No. 3 (6-81). P. 26–32.

11. Heaney M. B. Electrical Conductivity and Resistivity. In: *Electrical Measurement, Signal Processing, and Displays*. Ed. John G. Webster. CRC Press, 2003.

SVISTSILNIK ROMAN

Postgraduate student,
Department of Applied Ecology, Technology
of Polymers and Chemical Fibers,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
E-mail: djanc@ukr.net

FEDORIV TARAS

Postgraduate student,
Department of Applied Ecology, Technology
of Polymers and Chemical Fibers,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
E-mail: djanc@ukr.net

SAVCHENKO BOHDAN

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of
the Department of Applied Ecology, technology of
polymers and chemical fibers, Kyiv National University
of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8636-5734>
Scopus Author ID: 56685269800
E-mail: 1079@ukr.net

OSAULENKO SERHII

Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine

СВИСТИЛЬНИК Р. Ф., ФЕДОРІВ Т. Р., САВЧЕНКО Б. М., ОСАУЛЕНКО С. І.

Київський національний університет технологій і дизайну, Україна

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ
ГИБРИДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ**

Цель исследования. Разработка технологии и состава электропроводных полимерных покрытий с регулируемым уровнем электрического сопротивления на основе углеродистых составляющих для применения при создании гибких нагревательных элементов.

Методы исследования: Определяли удельный поверхностный и объемный электрический опоры по методу Кельвина, используя четырехэлектродную схему.

Результаты. Электрическое сопротивление покрытия в значительной степени зависит от способа его нанесения и применяемого вида субстрата. Роликовый аппликатор обеспечивает получение монолитного многослойного покрытия с низким значением удельного объемного электрического сопротивления. Бумажный субстрат позволяет сформировать бездефектное покрытие благодаря быстрому поглощению растворителя и предотвращению расслоения системы из-за роста ее вязкости. Однако пленочный субстрат более пригоден в случае создания нагревательных элементов. Толщина покрытия влияет на значение удельного объемного электрического сопротивления и позволяет управляемо регулировать его электропроводность. Самые низкие значения электрического сопротивления для созданных покрытий получены в случае использования электропроводной сажи марки ХС 72 в количестве 10–20% масс. Введение инертных наполнителей в состав композиции позволяет снизить горючесть покрытия и улучшить электропроводность за счет уменьшения частицы диэлектрической полимерной матрицы и улучшения перколяции. Модификация полимерной матрицы реактопластическим компонентом – бакелитовой смолой обеспечивает получение термостабильного покрытия, устойчивого к воздействию растворителей.

Научная новизна. Установлена зависимость удельного электрического сопротивления от содержания и вида сажи. Показана возможность регулирования электропроводности покрытия путем введения инертного минерального наполнителя в состав композиции.

Практическая значимость. Установлено влияние технологии нанесения покрытия на значение его электрического сопротивления. Определена зависимость удельного сопротивления электрического покрытия от вида субстрата.

Ключевые слова: поливинилбутираль; электропроводящий наполнитель; электропроводное покрытие; сажа; графит; антипирен.

SVISTSILNIK R. F., FEDORIV T. R., SAVCHENKO B. M., OSAULENKO S. I.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

DEVELOPMENT TECHNOLOGY OF ELECTRICALLY CONDUCTIVE HYBRID COMPOSITE COATINGS

Purpose. Development of the technology and composition of electrically conductive polymer coatings with an adjustable electrical resistance level based on carbon based conductive components for their use in the creation of flexible heating elements.

Methodology. Specific surface and volume electrical resistances were determined by the Kelvin method using a four-electrode probe.

Findings. The electrical resistance of the coating largely depends on the method of its application on substrate and the type of substrate used. The roller applicator provides a monolithic multi-layer coating with a low specific volume electrical resistance. The paper substrate allows to form a defect-free coating due to the rapid absorption of the solvent and the prevention of delamination of the system due to the increase in its viscosity. However, the film substrate is more technological in the case of creating film heating elements. The thickness of the coating affects the value of the specific volumetric electrical resistance and allows to control its electrical resistance. The lowest values of electrical resistance for the created coatings were obtained in the case of the use of electrically conductive carbon black grade XC 72 in the amount of 10–20% by mass. The introduction of inert fillers into the composition allows to reduce the flammability of the coating and improve electrical conductivity by reducing the proportion of the dielectric polymer matrix and increasing percolation. Modification of the polymer matrix with a thermoset component – bakelite resin ensures obtaining a thermostable coating resistant to the action of solvents.

Originality. The dependence of the specific electrical resistance of the coating on the content and type of carbon black was established. It is shown that it is possible to regulate the electrical resistance of the coating by introducing an inert mineral filler into the composition.

Practical value. The impact of the coating technology on the value of its electrical resistance has been established. The dependence of the specific electrical resistance of the coating on the type of substrate is determined.

Keywords: polyvinyl butyral; conductive filler; conductive coatings; carbon black; graphite; flame retardant.

ЗАПРОШУЄМО ДО СПІВРОБІТНИЦТВА

Київський національний університет технологій та дизайну з 19.04.2021 р. видає періодичне наукове видання «Технології та інжиніринг», яке 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).

Програмні цілі журналу «Технології та інжиніринг»: публікація оригінальних статей, висвітлення результатів новітніх досліджень та актуальних досягнень у галузі технічних наук.

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

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).

Тематична спрямованість журналу «Технології та інжиніринг»:

- **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕЛЕКТРОНІКА, МЕХАНІЧНА ТА ЕЛЕКТРИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ.**
- **МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ІНДУСТРІЇ МОДИ, ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ТЕКСТИЛЮ, ОДЯГУ ТА ВЗУТТЯ.**
- **ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ.**

Періодичність видання – 6 раз на рік. Журнал видається українською, російською, англійською мовами, анотації – українською, російською і англійською мовами. Матеріали, що надходять для публікації в журналі, проходять рецензування з боку членів редакційної колегії, розглядаються та рекомендуються Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну до друку.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ: 01011, м. Київ-11, вул. Немировича-Данченка, 2,
корп. №1, кім. 1-0347, (044) 256-21-39

Статті приймаються на поштову скриньку: vistnuk@knutd.edu.ua.

Банківські реквізити видання «Технології та інжиніринг» для перерахування оплати за публікацію наукової статті (вартість 1 стор. формату А4 коштує 60 грн):

Одержувач: Київський національний університет технологій та дизайну

Код ЄДРПОУ отримувача: 02070890

Банк отримувача: ДКСУ у м. Києві

Код банку отримувача: 820172

Розрахунковий рахунок: **UA038201720313251003202003551**

Призначення платежу: П.І.Б. (автора (-ів) публікації) – Технічні науки.

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖИНІРИНГ

Комп'ютерний набір та макетування

Кривонос О. О.

Технічний редактор

Панасюк І. В.

Відповідальний за поліграфічне виконання

Підп. до друку 05.09.2022. Формат 60×84 1/8.
Ум. друк. арк. 8,36. Облік. вид. арк. 6,54. 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 05.09.2022. Format 60×84 1/8.
Conditional sheet 8.36. Calculated sheet 6.54. 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.