

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

Наукове видання

№ 1 (499) 2025

Видається 4 рази на рік

Заснований Національним університетом кораблебудування
імені адмірала Макарова у жовтні 1934 р.



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Internet
Вченою радою Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,
протокол № 4 від 25.04.2025 р.

Редакційна колегія:

Сербін С. І. – д-р техн. наук., проф., головний редактор
Блінцов В. С. – д-р техн. наук., проф., заступник головного редактора
Торубара В. В. – секретар редакційної колегії
Костирко Т. М. – канд. соц. ком., голова сектору бібліометрії та наукометрії

Члени редакційної колегії:

Секція «Суднобудування»: Некрасов В. О. – д.т.н., проф., відповідальний редактор секції «Суднобудування»; Бондаренко О. В. – к.т.н., проф.; Жуков Ю. Д. – д.т.н., проф.; Зайцев В. В. – д.т.н., проф.; Коростильов Л. І. – д.т.н., проф.; Щедролюсов О. В. – д.т.н., проф.; Слободян С.О. – к.т.н., проф. НУК
Секція «Матеріалознавство»: Квасницький В. Ф. – д.т.н., проф., відповідальний редактор секції «Матеріалознавство»; Дубовий О. М. – д.т.н., проф.; Лебедев В. О. – д.т.н., проф.
Секція «Прикладна механіка»: Ткач М. Р. – д.т.н., проф., відповідальний редактор секції «Прикладна механіка»; Бурдун С. Т. – к.т.н., проф.
Секція «Енергетичне машинобудування»: Радченко М. І. – д.т.н., проф., відповідальний редактор секції «Енергетичне машинобудування»; Трушляков С. І. – д.т.н., проф. НУК; Тимошевський Б. Г. – д.т.н., проф.; Чередніченко О. К. – д.т.н., доц.
Секція «Теплоенергетика»: Шевцов А. П. – д.т.н., проф., відповідальний редактор секції «Теплоенергетика»; Димо Б. В. – к.т.н., проф.
Секція «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»: Павлов Г. В. – д.т.н., проф., відповідальний редактор секції «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; Рябенкий В. М. – д.т.н., проф.
Секція «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»: Тимченко В. Л. – д.т.н., проф., відповідальний редактор секції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»; Гордєєв Б. М. – д.т.н., проф.
Секція «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»: Приходько С. Б. – д.т.н., проф., відповідальний редактор секції «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»; Чернов С. К. – д.т.н., проф.; Ушкац М. В. – д.т.н., доцент; Харитонов Ю. М. – д.т.н., проф.; Гайда А. Ю. – к.т.н., доц.
Секція «Економіка та менеджмент»: Іртищева І. О. – д.е.н., проф., відповідальний редактор секції «Економіка та менеджмент»; Парсяк В. Н. – д.е.н., проф.; Рогов Т. К. – д.т.н., проф.; Ефімова Г. В. – д.е.н., проф. НУК
Секція «Технології захисту навколишнього середовища»: Трохименко Г. Г. – д.т.н., проф., відповідальний редактор секції «Технології захисту навколишнього середовища»
Співробітники організації України: Грінченко В. Т. – академік НАН України, Інститут гідромеханіки НАН України, м. Київ; Косой Б. В. – д.т.н., проф., Одеська національна академія харчових технологій; Хмельнюк М. Г. – д.т.н., проф., Одеська національна академія харчових технологій; Кривцун І. В. – академік НАН України, Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона, м. Київ; Міносос М. В. – д.т.н., проф., Одеська національна морська академія, м. Одеса; Руденко С. В. – д.т.н., проф., Одеський національний морський університет; Маркіна Л. М. – д.т.н., проф., Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління; Єгоров О. Г. – к.т.н., доц., Морське інженерне бюро, м. Одеса
Закордонні вчені: Бохдаль Т. (Tadeusz Bohdal) – д.т.н., проф., Кошалінський технологічний університет, м. Кошалін, Польща; Жили Вонг (Zili Wang) – проф., Університет науки і технологій провінції Цзянсу, м. Чженьцзян, КНР; Ся Гуйхуа (Xia Guihua) – проф., Харбінський інженерний університет, м. Харбін, КНР; Стахель А. (Aleksander Andrzej Stachel) – проф., Західно-померанський технологічний університет, м. Щецин, Польща; Хведелідзе П. Г. – проф., Батумський навігаційно-навчальний університет, м. Батумі, Грузія; Дзіда М. (Marek Dzida) – проф., Гданська Політехніка, м. Гданськ, Польща; Ровінські Л. (Lech Rowinski) – проф., Гданська Політехніка, м. Гданськ, Польща; Солесвік М. Б. – проф., бізнес-школа Північного університету, Норвегія

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа:

Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1542 від 09.05.2024 року.

Ідентифікатор медіа: R30-04388

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (просп. Героїв України, буд. 9, м. Миколаїв, 54007, university@nuos.edu.ua, тел. 0512-42-42-80).

Журнал включено до категорії «Б» Переліку наукових фахових видань України на підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 612 від 07.05.2019 р. (додаток 7) зі спеціальностей С1 «Економіка», D3 «Менеджмент», D6 «Секретарська та офісна справа», F3 «Комп'ютерні науки», G3 «Електрична інженерія», G4 «Енерговиробництво (за спеціалізацією)», G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», G8 «Матеріалознавство», G9 «Прикладна механіка», G11 «Машинобудування (за спеціалізаціями)»; на підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019 р. (додаток 8) зі спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища».

Мови видання: українська, англійська, польська, німецька, французька, болгарська, румунська.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl

УДК 621.3
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2025.1\(499\).12](https://doi.org/10.15589/znp2025.1(499).12)

DEVELOPMENT OF AN ELECTRIC DRIVE FOR A CUTTING MACHINE FOR AN AUTOMATED CONVEYOR LINE

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА РІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ

Andrii M. Voitasyk
andrii.voitasyk@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9409-6108

А. М. Войтасик,
канд. техн. наук, доцент

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv
Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Abstract. *Purpose.* Development and design of an electric drive for a cutting machine that allows for the separation of three-layer corrugated cardboard into individual sheets with an automated process of transporting the material along a conveyor line in accordance with production needs. *Method.* As part of the research, the method of complex modeling was used to build 3D models of the structure of the electric drive mechanism of a blade of the cutting machine and all the executive equipment to be used in its composition; the method of empirical description of technological processes for the justification and explanation of the peculiarities of the organization of the transmission of torques during the operation of the drive; the method of conducting an experiment to certify the functional capabilities of the product. *Results.* Based on the use of the necessary equipment in the composition of: an electric motor, a gear mechanism, an electromagnet, magnetic starters, a transformer, light-signal fittings, electrical protection and control devices and the proposed 3D model of the structure, an electric drive of a cutting machine was developed in accordance with the proposed kinematic scheme. The functioning of the electric drive mechanism for the movement of the cutting rectilinear blade of the machine is ensured by the use of an asynchronous electric motor with a squirrel-cage rotor, which, in comparison with brushless DC motors, has advantages in simplicity, reliability, economy and durability. *Scientific novelty.* The methodology for increasing the efficiency of automated cutting of sheet blanks on a production conveyor line was further developed by implementing the developed cutting machine with an electric blade movement mechanism, which contributes to improving the quality of the work performed. The electric drive of the cutting machine for an automated conveyor line was theoretically substantiated and developed, which, when cutting sheet loads, drives the rotating parts of the product structure while maintaining the conveyor belt speed of 1,3 m/s. The control of the electric drive of the product is implemented on the basis of: an electric motor, a gear mechanism, an electromagnet, magnetic starters, a transformer, light-signal fittings, electrical protection and control devices. *Practical importance.* The developed electric drive of the cutting machine is designed for separating three-layer corrugated cardboard into separate sheets with an automated process of transporting the material along a conveyor line in accordance with production needs. A distinctive feature of the development is the implementation of an electric drive mechanism for the blade movement according to the proposed kinematic scheme. The main advantage of using the product is that at the time of cutting, pressure on the material being cut is not applied along the entire length of the cut and the applied cutting force is not reduced. The use of an electric drive cutting machine for an automated conveyor line involves performing cyclic operations both in remote and automatic mode, providing a cutting force of 224 N. The blade inclination angle is 2° and provides the separation of three-layer corrugated cardboard blanks measuring 2000×1300 mm and 4 mm thick. The adopted technical solutions are capable of fully ensuring the automated operation of the production conveyor line. **Key words:** automation; conveyor; cutting machine.

Анотація. *Мета.* Розробка та проектування електропривода різального верстата, що дозволяє реалізувати відокремлення тришарового гофрованого картону на окремі листи з автоматизованим процесом транспортування матеріалу конвеєрною лінією відповідно до виробничих потреб. *Методика.* В рамках дослідження використано метод комплексного моделювання для побудови 3D-моделей конструкції електроприводного механізму руху леза різального верстата та всього виконавчого обладнання, яке запропоновано застосувати у його складі; метод емпіричного опису технологічних процесів для обґрунтування та пояснення особливостей організації передачі обертових моментів; метод проведення експерименту для засвідчення функціональних можливостей

виробу. *Результати.* На базі використання необхідного обладнання у складі: електродвигуна, редукторного механізму, електромагніта, магнітних пускачів, трансформатора, світлосигнальної арматури, електричних апаратів захисту і керування та запропонованої 3D-моделі конструкції, розроблено електропривод різального верстата відповідно до запропонованої кінематичної схеми. Функціонування електроприводного механізму руху різального прямолінійного леза верстата забезпечується застосуванням асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, який в порівнянні з безколекторними двигунами постійного струму має переваги в простоті, надійності, економічності і тривалості експлуатації. *Наукова новизна.* Отримала подальший розвиток методологія підвищення ефективності проведення автоматизованої нарізки листових заготовок на виробничій конвеєрній лінії шляхом впровадження розробленого різального верстата з електроприводним механізмом руху леза, що сприяє покращенню якості виконуваних робіт. Теоретично обґрунтовано та розроблено електропривод різального верстата для автоматизованої конвеєрної лінії, який під час нарізання листових вантажів приводить в рух обертові частини конструкції виробу з підтримкою швидкості руху стрічки конвеєра 1,3 м/с. Керування електроприводом виробу реалізовано на базі: електродвигуна, редукторного механізму, електромагніта, магнітних пускачів, трансформатора, світлосигнальної арматури, електричних апаратів захисту і керування. *Практична значимість.* Розроблений електропривод різального верстата призначений для відокремлення тришарового гофрованого картону на окремі листи з автоматизованим процесом транспортування матеріалу конвеєрною лінією відповідно до виробничих потреб. Відмінною особливістю розробки є реалізація електроприводного механізму руху леза згідно до запропонованої кінематичної схеми. Основна перевага від застосування виробу полягає в тому, що в момент різку, тиск на матеріал який розрізається прикладається не по всій довжині різку і при цьому не знижується прикладене зусилля різання. Застосування електроприводного різального верстата для автоматизованої конвеєрної лінії передбачає виконання циклічних операцій як в дистанційному так і в автоматичному режимі забезпечуючи зусилля різку у 224 Н. Кут нахилу леза при цьому становить 2° та гарантує відокремлення заготовок тришарового гофрованого картону розміром 2000×1300 мм, завтовшки 4 мм. Прийняті технічні рішення здатні в повній мірі забезпечити автоматизовану роботу виробничої конвеєрної лінії.

Ключові слова: автоматизація; конвеєр; різальний верстат.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

На сьогоднішній день ступінь розвитку транспортних компаній з доставки різноманітних товарів досить високий. В Україні серед найпопулярніших їх представників є Нова пошта та Укрпошта. Типовим та зручним пакувальним виробом, який застосовують транспортні компанії з доставки вантажів є коробка. Їх пропонують різних габаритних розмірів та форм, проте всі вони, зазвичай створюються з застосуванням гофрованого картону.

Тришаровий гофрований картон (ТГК) сьогодні є найактуальнішим видом сировини для виробництва гофротари та картонної упаковки по ряду об'єктивних причин. Будь-який ТГК складається з двох плоских шарів – лайнерів, і одного внутрішнього – гофри, або флутингу. За рахунок цього ТГК дозволяє отримати не просто обгортку для захисту товару від бруду і пилу, а міцну упаковку, здатну витримувати статичне і динамічне навантаження, штабелювання і тривале зберігання в не самих відповідних умовах. Крім того, ТГК підходить і для виробництва допоміжних пакувальних елементів: обичайок, кришок, решіток, прокладок, вкладишів і т.п. Тому, набуває актуальності задача розробки та проектування електропривода різального верстата, що дозволяє реалізувати відокремлення ТГК на окремі листи з автоматизованим процесом транспортування матеріалу конвеєрною лінією відповідно до виробничих потреб.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Один із способів підвищення ефективності виробництва продукції є створення автоматизованих конвеєрних ліній, які можуть повною мірою забезпечити виконання циклу технологічних процесів для створення готової продукції [1, 2]. Протяжність таких конвеєрних ліній залежить від кількості технологічних процесів та технологій їх реалізації [3, 4].

Найбільшого поширення у цій галузі набули стрічкові конвеєри [5, 6]. Їх можливе призначення полягає у транспортуванні будь-яких вантажів: листів, ящиків, коробок, заготовок і т.д. Причому, їх можна застосовувати для транспортування як штучної, кускової так і сипучої продукції [7, 8]. Вони підходять для сортувальних ліній, а також для організації роботи на складах і базах [9, 10]. Найбільш поширеними є наступні типи конвеєрів: горизонтальні (прямі), похилі, зі змінним кутом, жолобчаті, поворотні, пересувні, змішаного типу [11]. Причому їх можна використовувати як самостійно, так і з іншими видами обладнання – дозаторами, фасувальними машинами і т.д. [12].

Однією із складових частин конвеєрної лінії по виробництву картонних пакувань є різальні верстати [13, 14]. Для побудови механізму механічного різання подібних матеріалів можна продуктивно застосовувати електропривод [15]. Електропривод дозволяє

підтримувати постійну швидкість різання без втрат у точності, що важливо для підтримання високої продуктивності на конвеєрних лініях [16, 17]. При виконанні циклічних повторюваних операцій, швидкість роботи електропривода може бути налаштована відповідно до вимог виробництва [18]. Сучасні електродвигуни мають високу енергоефективність, що може суттєво економічно вплинути на галузь їх застосування, де кількість циклічних операцій може бути дуже великою [19, 20].

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Для автоматизації виробництва ТГК застосовують спеціальні виробничі лінії, які передбачають транспортування матеріалу стрічковими конвеєрами. Для подальшого виготовлення готового продукту, зазвичай українськими компаніями виробниками застосовують технологію, по якій ТГК виробляється з використанням рифлених валів. Через такі вали пропускається простий картон, і в підсумку ми маємо гофрований картон необхідної форми і структури. А для якісного формування профілю ТГК (тип і розмір хвилястого шару) застосовується нагрів рифлених валів до температури 150–180°C. Другий етап після створення профілю полягає в приклеюванні до рифленому картону, який вже перетворився в гофру, двох листів плоского картону (або можливо паперу).

Далі ТГК потрібно нарізати відповідно до типів та розмірів пакувань. Для цього стрічку ТГК подають конвеєрною лінією до гільотинних ножиць, які і виконують розділення матеріалу на точно виміряні заготовки. Габаритні розміри нарізаного ТГК можуть бути різноманітними, в залежності від технології виготовлення, або потреб. Товщина готового листа ТГК при цьому становить від 1,7 до 4 мм. Ширина, зазвичай 1250 мм, проте це більше залежить від пропускної здатності конвеєрної лінії, яка його виготовляє. Найбільш затребувана довжина листів знаходиться в діапазоні від 800 до 2200 мм.

В роботі запропоновано реалізувати електропривод різального верстата для автоматизованої конвеєрної лінії відповідно до представленої кінематичної схеми. Відмінною особливістю в представленій статі є реалізація електроприводного механізму руху леза здатного виконувати циклічні операції як в дистанційному так і в автоматичному режимі забезпечуючи зусилля різ у 224 Н. Кут нахилу леза при цьому становить 2° та гарантує відокремлення заготовок ТГК розміром 2000x1300 мм, завтовшки 4 мм. Прийняті технічні рішення здатні в повній мірі забезпечити автоматизовану роботу виробничої конвеєрної лінії.

Метою дослідження є розробка та проектування електропривода різального верстата, що дозволяє реалізувати відокремлення тришарового гофрованого картону на окремі листи з автоматизованим процесом

транспортування матеріалу конвеєрною лінією відповідно до виробничих потреб.

ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

В якості **об'єкта дослідження** обрано технологічні процеси, які здатен реалізовувати електропривод різального верстата до складу якого входять: електродвигун, редукторний механізм, електромагніт.

Предметом дослідження є моделі та методи аналізу для запровадження необхідної точності та надійності роботи електроприводного механізму руху різального прямолінійного леза, розробка та реалізація кінематичної схеми для безпечної експлуатації виробу, забезпечення комунікації та сумісності застосованого обладнання, створення 3D-моделей складових елементів обладнання та загальної конструкції електропривода різального верстата.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Електропривод різального верстата спроектований таким чином, щоб забезпечувати повноцінне обертання колінчастого валу на 360° відносно його початкового положення. Початкове положення валу визначається як стан, при якому вал електропривода розташований під прямим кутом 90° до робочої поверхні стола верстата, що дозволяє забезпечити точну взаємодію між механізмами пристрою.

Запропонована кінематична схема різального верстата з застосуванням електроприводного механізму руху леза наведена на рис. 1.

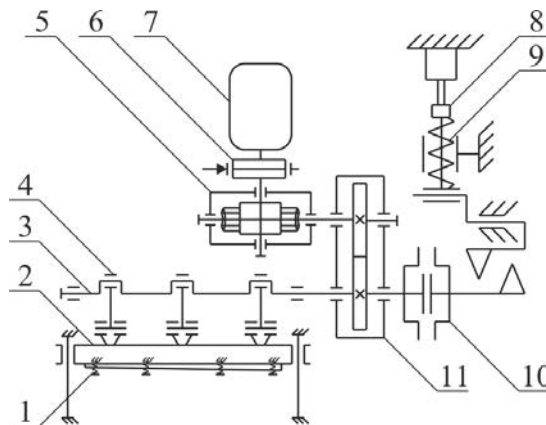


Рис. 1. Кінематична схема різального верстата:

- 1 – пружинний прес; 2 – балка з лезом;
- 3 – колінчастий вал; 4 – шатун; 5 – черв'ячний редуктор;
- 6 – муфта з гальмівним шківом; 7 – електродвигун;
- 8 – електромагніт; 9 – система важелів та пружин;
- 10 – муфта; 11 – зубчата передача

До вала електродвигуна підключено черв'ячний редуктор, який виконує функцію передачі обертального моменту з оптимізацією швидкості та сили обертання. Вихідний вал редуктора передає обертальний рух на зубчасту передачу. Зубчата передача з'єднана з муфтою вмикання різального верстата, яка працює у взаємодії з обертовими шпонками.

Функціонування муфти вмикання базується на її здатності передавати обертання колінчастому валу. Вмикання та вимикання муфти організовано за допомогою електромагніта, який активує систему важелів та пружин. Дані компоненти розташовані на кришці муфти та забезпечують надійну роботу системи, дозволяючи швидко перемикатися між режимами.

Черв'ячний редуктор у поєднанні з зубчастою передачею надає плавність передачі обертання, а електромагнітна система керування муфтою надає конструкції додаткової точності та оперативності. Завдяки цьому механізм стає універсальним та здатним працювати у високоточному виробничому середовищі, забезпечуючи довговічність і ефективність роботи різального верстата.

Принцип роботи електропривода механізму руху леза реалізується за допомогою ретельно продуманої системи. Виконавчий електродвигун розташовується з лівого боку верстата, де він надійно фіксується за допомогою болтових з'єднань, що гарантує відсутність вібрацій під час роботи. Електродвигун з'єднаний із черв'ячним редуктором обертає колінчастий вал, на якому закріплено три сталеві шатуні, що відповідають за передачу руху на наступні елементи механізму.

Важливим елементом системи є муфта включення, яка розташовується між редуктором і колінчастим валом. Вона приводиться в дію електромагнітом, що забезпечує швидке включення механізму. Якір електромагніта безпосередньо пов'язаний із тягою, яка в свою чергу закріплена за допомогою різьбового з'єднання ізвилкою. Вилка конструктивно шарнірно пов'язана з важелем, що дозволяє передавати рух з необхідною точністю і мінімальними втратами енергії.

Важіль із пальцем змонтовані на валу, який обертається у спеціально виготовлених втулках. Таке рішення забезпечує плавність руху, знижуючи знос і підвищуючи довговічність механізму.

При натисканні на кнопку або педаль, оператор активує електромагніт, який створює магнітне поле, притягуючи якір. Якір, у свою чергу, з'єднаний із тягою, яка передає зусилля на важіль. Важіль, здійснюючи обертальний рух, звільняє палець від хвостовика, пов'язаного з робочою шпонкою муфти включення. У цей момент муфта активується, і механізм переходить у робочий режим, виконуючи зворотний хід.

Якщо оператор утримує кнопку або педаль у натиснутому стані, вмикається система електричного блокування. Таке рішення запобігає повторному виконанню робочого циклу, поки кнопку або педаль не буде відпущено. Для запуску наступного циклу необхідно повторно натиснути кнопку або педаль, відновлюючи робочий процес. Подібна система забезпечує безпечну роботу мінімізуючи ризик неконтрольованого руху механізму.

Під час обертання колінчастого валу нижня частина шатунів приводить у рух балку, яка здійснює циклічні зворотно-поступальні рухи вгору і вниз. Балка закріплена таким чином, щоб її переміщення було строго спрямованим завдяки направляючим стрижням, надійно зафіксованим до станини верстата.

У конструкції балки розташоване лезо, яке безпосередньо здійснює різання матеріалу. Під час кожного оберту колінчастого валу лезо виконує повний цикл, забезпечуючи точне та рівномірне різання.

Для забезпечення ефективного гальмування електропривода різального верстату застосовуються гальмівні механізми періодичної дії. Особливість такого рішення полягає в тому, що процес гальмування відбувається на визначених етапах циклу роботи механізму. Періодичність досягається завдяки використанню ексцентриситету гальмівного барабана, який гарантує точне співвідношення між рухом механізму та моментами гальмування.

Гальмування механізму активується тоді, коли балка з закріпленим лезом досягає верхнього положення. На рис. 2 представлена розроблена 3D-модель електропривода різального верстату, що детально демонструє роботу всіх складових системи. Модель ілюструє покроковий процес обертання колінчастого валу на повні 360°, який відображає роботу під час різання матеріалу. Приводний механізм функціонує завдяки асинхронному електродвигуну з короткозамкненим ротором.

Використовуючи запропоновувати 3D-модель конструкції електропривода різального верстату можна оцінити динамічні властивості системи, виявити потенційні зони для оптимізації та провести моделювання роботи механізму за різних умов навантаження.

Електропривод різального верстата працює в періодичному режимі, вмикаючись і вимикаючись залежно від встановлених параметрів розмірів заготовки. Такий підхід дозволяє оптимізувати процес обробки матеріалу, мінімізуючи витрати енергії. Робота електропривода, як і стрічкового конвеєра, інтегрована в автоматичний цикл, що дає змогу синхронізувати їхню взаємодію. Завдяки цьому забезпечується безперервність виробничого процесу та висока продуктивність.

Конструкція різального верстата виконана у формі прямокутної рами, спеціально розробленої для обробки прямокутних листів ТГК (товщина до 4 мм). Така форма рами відповідає геометрії оброблюваних матеріалів й сприяє більш ефективному використанню робочого простору верстата. Її продовгуватий прямокутний дизайн оптимізує загальні габарити конструкції, дозволяючи встановлювати верстат навіть у виробничих приміщеннях із обмеженим простором.

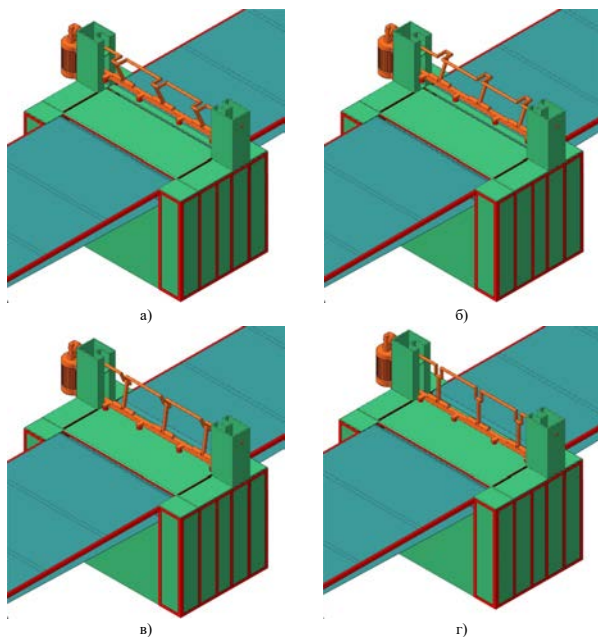


Рис. 2. 3D-модель електропривода різального верстата: а – початкове положення валу на 90° ; б – поворот валу на 240° ; в – початок відрізання матеріалу; г – положення максимального удару леза

Основою верстата є міцний металевий каркас, що забезпечує жорсткість всієї конструкції. Каркас створює стійку опору для всіх елементів електрообладнання, які надійно фіксуються за допомогою гвинтових з'єднань. На каркасі передбачено спеціальні різьбові отвори, що полегшують монтаж компонентів під час збирання.

Металеві елементи каркасу різального верстата з'єднуються за допомогою зварювання. Даний метод забезпечує надійність і жорсткість конструкції. Однією з головних переваг такого способу є виключення можливості розгвинчування відповідальних вузлів під час тривалої експлуатації, що значно підвищує довговічність каркасу. Крім того, використання зварювання дозволяє зменшити кількість кріпильних елементів, що позитивно впливає на економічну сторону виробництва, знижуючи витрати на додаткові матеріали.

Впровадження електроприводного механізму руху леза у конструкцію різального верстата, який є частиною автоматизованої конвеєрної лінії, відкриває нові можливості для покращення ефективності виробничого процесу. На відміну від гідравлічних і пневматичних гільйотин, електроприводний механізм позбавлений кількох суттєвих недоліків. Зокрема, він не потребує складних систем щільності гідравлічних або пневматичних каналів, які можуть спричиняти витіки та зниження продуктивності. Також відсутність каналів для додаткового змащування мастилом знижує необхідність у технічному обслуговуванні, що спрощує експлуатацію.

Ще однією важливою перевагою є зниження вартості конструкції верстата завдяки відмові від дорогих гідравлічних і пневматичних компонентів. Електроприводний механізм є більш доступним у виготовленні та обслуговуванні, а також має тривалий термін служби.

Розроблена 3D-модель конструкції електропривода різального верстата створена з урахуванням майбутнього вибору матеріалу для його виготовлення. У якості основного матеріалу каркасу використовуються металеві профільні труби перетином 40×20 мм із товщиною стінок 3 мм, що відповідає вимогам стандарту ГОСТ 8639-82. Подібне рішення забезпечує необхідний баланс між міцністю, довговічністю та відносно низькою вагою конструкції. Для додаткового підсилення нижня частина каркасу з'єднана суцільною металевою пластиною завтовшки 3 мм, яка слугує основою для рівномірного розподілу навантажень.

Оскільки різальний верстат є складовою частиною автоматизованої конвеєрної лінії, його конструкція спеціально спроектована для роботи з транспортувальними стрічками. У верхніх частинах консолі № 1 та № 2 передбачено два ролики: перший призначений для подачі матеріалу на конвеєр (1, рис. 3), а другий – для видачі готових деталей з лінії (6, рис. 3). Для забезпечення надійності та жорсткості конструкції ці консолі поєднані повздовжньою рамою (3, рис. 3) та поперечними ребрами жорсткості (4, рис. 3), які мінімізують можливість деформації під час роботи. Базовим елементом конструкції виступає станина різального верстата (7, рис. 3), до якої приєднуються всі компоненти автоматизованої конвеєрної лінії. Конструкція забезпечує не лише високу функціональність, а й зручність в обслуговуванні. Всі вузли мають доступ для ремонту та регулювання, що є важливим для довготривалої експлуатації.

Точки кріплення електроприводного механізму, що відповідає за рух леза, розташовані з лівого боку автоматизованої конвеєрної лінії (3, 4, рис. 4). Таке розміщення забезпечує зручність монтажу, надійність фіксації та оптимальну взаємодію механізму з іншими складовими лінії.

Для транспортування ТГК до різального верстата використовується спеціально розроблена система роликів, яка забезпечує плавний і точний рух матеріалу до зони обробки. Система складається з кількох ключових елементів: набігаючих роликів, східних роликів та обвідних роликів (1, 2, 5, 6, рис. 4). Набігаючі ролики призначені для правильного подання матеріалу, забезпечуючи його переміщення в заданому напрямку. Східні ролики виконують функцію коригування траєкторії руху, запобігаючи зсувам або перекосам матеріалу. Обвідні ролики необхідні для натягу транспортувальної стрічки та підтриманні стабільності руху ТГК на всіх етапах транспортування. Вони виготовлені з матеріалів, що мінімізують тертя та запобігають

пошкодженню поверхні листів. Система роликів облаштовується в конструкцію верстата таким чином, щоб забезпечити безперервну подачу матеріалу навіть за умов високих навантажень або тривалої роботи.

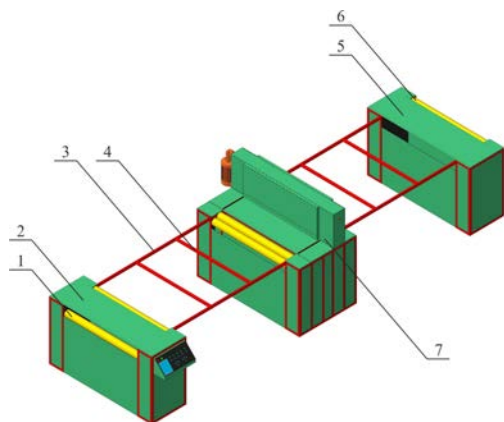


Рис. 3. 3D-модель конструкції різального верстата для автоматизованої конвеєрної лінії (вид праворуч, без стрічки): 1 – ролик подачі матеріалу до конвеєра; 2 – консоль № 1 з електроприводом стрічки конвеєра; 3 – повздовжня рама; 4 – поперечні ребра міцності; 5 – консоль № 2; 6 – ролик видачі матеріалу з конвеєра; 7 – різальний верстат

Запропонована схема обведення рухомої транспортувальної стрічки являє собою технічне рішення, яке дозволяє ефективно передавати матеріал через різальний верстат для виконання процесу різання ТГК. Головною перевагою цієї схеми є забезпечення цілісності стрічки навіть за умов інтенсивної експлуатації.

Схема обведення розроблена таким чином, щоб гарантувати рівномірний рух матеріалу без пошкоджень чи перекосів, які могли б негативно вплинути на якість кінцевого продукту. У конструкції враховано всі необхідні елементи для стабільного функціонування транспортувальної стрічки, включаючи систему натягу, напрямні ролики та підтримуючі вузли, що забезпечують її позиціонування у процесі подачі.

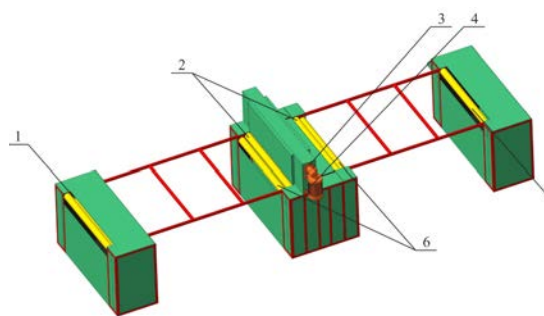


Рис. 4. 3D-модель конструкції електропривода різального верстата для автоматизованої конвеєрної лінії (вид ліворуч, без стрічки): 1 – набігаючий ролик № 1; 2 – ролик сходження № 1 та набігаючий ролик № 2; 3 – точки кріплення редуктора; 4 – точки кріплення електродвигуна; 5 – ролик сходження № 2; 6 – обвідний ролик № 1, № 2

Деталізоване зображення запропонованої схеми наведено на рис. 5. Можна побачити як рухома стрічка проходить через усі етапи транспортування, починаючи з подачі матеріалу до верстата і закінчуючи його передачею на наступні елементи конвеєрної лінії. Особлива увага приділена оптимізації траєкторії руху стрічки, що дозволяє зменшити механічні навантаження та уникнути її надмірного зносу. Крім того, схема враховує можливість швидкого підлаштування до різних типів матеріалів виробництва. Завдяки цій конструкції процес різання ТГК відбувається максимально ефективно, забезпечуючи високу продуктивність та якість роботи обладнання.

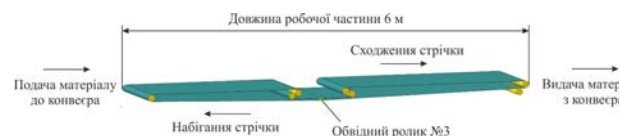


Рис. 5. Схема обведення рухомої стрічки

Для транспортування використовуємо норільну стрічку типу БКНЛ-65, яка зарекомендувала себе як надійний елемент у багатьох галузях завдяки своїй універсальності та здатності легкої заміни під специфічні потреби різних виробничих процесів, що зробило її популярним вибором серед фахівців. Загальна конструкція станини різального верстату та двох консолей № 1 і № 2 складається з двох основних елементів – лівої та правої стійок, які на верхніх ділянках з'єднані між собою металевими листами робочої поверхні (6, рис. 6). Така конструкція забезпечує необхідну міцність при експлуатації верстата. Крім того, для безпеки оператора передбачено захисний кожух механізму руху леза (5, рис. 6), який надійно захищає від можливих травм, що можуть виникнути через контакти з гострими, швидко рухомими частинами привода. До робочих поверхонь верстата також приєднуються всі металеві каркасні елементи, які зварюються в міцну конструкцію конвеєрної лінії (1, рис. 6).

Довжина робочої частини модульного компонента різального верстату для автоматизованої конвеєрної лінії складає 6 м, що дозволяє виконувати завдання в межах зазначених габаритів. У той же час загальна довжина рухомої стрічки (2, рис. 6) може бути до 14 м. До того ж, для приведення в дію механізму різання верстату використовуються високоякісні технічні елементи: виконавчий електродвигун (3, рис. 6) та редуктор (4, рис. 6), які закріплені з лівої сторони конвеєрної лінії, згідно з передбаченими точками кріплення.

Основні технічні характеристики електропривода стрічкового конвеєра у складі автоматизованої виробничої лінії наведені у вигляді табл. 1.

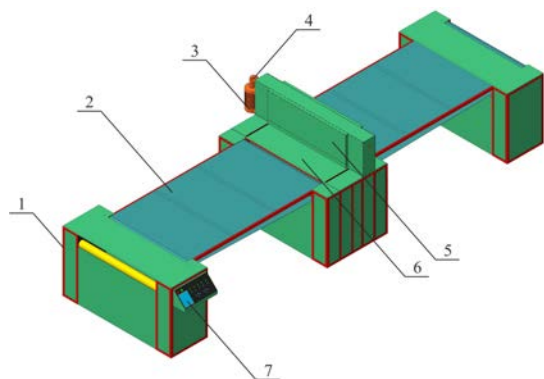


Рис. 6. 3D-модель конструкції різального верстата для автоматизованої конвеєрної лінії (вид праворуч, зі стрічкою): 1 – каркас консолі № 1; 2 – рухома стрічка; 3 – виконавчий електродвигун; 4 – редукторний механізм; 5 – захисний кожух механізму різання; 6 – робоча поверхня різального верстату; 7 – панель керування

Металевий каркас цієї системи має прямокутну форму та виготовлений у вигляді паралелепіпеда. Він умовно поділений на три основні частини, кожна з яких має своє специфічне призначення. Перша частина – це каркас консолі № 1, що містить електрообладнання привода конвеєрної лінії, друга частина – сам каркас різального верстату, і третя частина – каркас консолі № 2, який завершує конструкцію.

Таблиця 1. Основні технічні характеристики електропривода конвеєра

№ з/п	Найменування параметра	Значення
1	Змінна напруга живлення електропривода, В	3×380
2	Частота мережі, Гц	50
3	Потужність електродвигуна, кВт	0,37
4	Модель електродвигуна	AIP80A8V3
5	Редукторний механізм	ЦД-25-750
6	Гальма	двоколдовкові, ТТ-160
7	Продуктивність конвеєра, т/год	2,6
8	Транспортований вантаж	ТГК
9	Щільність вантажу, г/м ²	350
10	Швидкість руху стрічки, м/с	1,3
11	Ширина стрічки, м	1,3
12	Довжина транспортування, м	6
13	Матеріал та тип стрічки	норільна, БКНЛ-65

Панель керування (7, рис. 7) розташована праворуч від автоматизованої конвеєрної лінії, на рівні нижче робочої поверхні. Така конструкція дає змогу забезпечити зручний доступ до панелі для оператора, при цьому вона не перешкоджає руху матеріалів по транспортувальній стрічці. Завдяки такому

розташуванню, оператор може без труднощів керувати процесом, не заважаючи матеріалу рухатися по лінії.

Світлові сигналізатори та кнопки для керування автоматизованою конвеєрною лінією частково розміщені на лицьовій панелі керування, що дозволяє оператору оперативно реагувати на різні сигнали системи. Окрім цього, деякі елементи керування розташовані безпосередньо в консолі № 1 та на станині різального верстату, що дозволяє зручно керувати верстатом та всіма функціями лінії з різних точок доступу.

Що стосується розміщення електричних компонентів, таких як автомати, реле та інше модульне електрообладнання, то вони організовані на DIN-рейках у середині розподільного щитка, який розміщений у консолі № 1. Така організація дозволяє зберігати порядок та забезпечує легкий доступ до обладнання для монтажу і ремонту, що значно полегшує технічне обслуговування всієї системи.

Основні технічні характеристики електропривода різального верстата представлені у табл. 2.

Таблиця 2. Основні технічні характеристики електропривода верстата

№ з/п	Найменування параметра	Значення
1	Змінна напруга живлення електропривода, В	3×380
2	Частота мережі, Гц	50 Гц
3	Потужність електродвигуна, кВт	5,5
4	Модель електродвигуна	AIP132S6V3
5	Редукторний механізм	MRT 120A
6	Електромагніт вмикання/вимикання механізму різання	ЕМ44-37
7	Зусилля різу, Н	224
8	Можливості керування процесом різання	дистанційне/автоматичне
9	Кількість різів матеріалу за хвилину	47
10	Кут нахилу леза, градусів	2
11	Ширина та товщина нарізання, мм	1300/4
12	Габаритні розміри конструкції верстата, мм	6200×2232×1514
13	Маса різального верстата, кг	1024

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТИВ

Автоматизована виробнича лінія реалізована з застосуванням стрічкового конвеєра приводиться в рух електроприводним механізмом, який складається з приводного барабана, електродвигуна, двох відхиляючих барабанів, ремінної передачі. Таким чином, зусилля від двигуна через систему передач передається приводному барабану стрічки.

Основна перевага від застосування різального верстата у складі автоматизованої конвеєрної лінії полягає в тому, що в момент різу, тиск на матеріал який розрізається прикладається не по всій довжині різу, що знижує необхідне зусилля. Чим більше кут нахилу, тим менше зусилля і гірше якість різу. Для утримання матеріалу під час різу, верстат має в своєму складі притискний пружинний прес. Прес знижує ефект витягування матеріалу з під леза і різ виходить рівніше. Крім того, можливість притискання матеріалу дозволяє з успіхом різати декілька заготовок одночасно.

На базі використання необхідного обладнання у складі: електродвигуна, редукторного механізму, електромагніта, магнітних пускачів, трансформатора, світлосигнальної арматури, електричних апаратів захисту і керування та запропонованої 3D-моделі конструкції, розроблено електропривод різального верстата з метою експлуатації виробу під час реалізації процесу відокремлення тришарового гофрованого картону на окремі листи з автоматизованим процесом транспортування матеріалу конвеєрною лінією відповідно до виробничих потреб. Функціонування електроприводного механізму руху різального прямолінійного леза верстата забезпечується застосуванням асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, який в порівнянні з безколекторними двигунами постійного струму має переваги в простоті, надійності, економічності і тривалості експлуатації. Вони менш чутливі до умов навколишнього

середовища і вимагають мінімального обслуговування. У свою чергу, безколекторні двигуни постійного струму зазвичай пропонують вищу ефективність в умовах точного керування, але вони дорожчі в обслуговуванні і мають більш складну конструкцію.

ВИСНОВКИ

1. Розроблений електропривод різального верстата призначений для відокремлення тришарового гофрованого картону на окремі листи з автоматизованим процесом транспортування матеріалу конвеєрною лінією відповідно до виробничих потреб. Відмінною особливістю розробки є реалізація електроприводного механізму руху леза згідно до запропонованої кінематичної схеми. Основна перевага від застосування виробу полягає в тому, що в момент різу, тиск на матеріал який розрізається прикладається не по всій довжині різу і при цьому не знижується прикладене зусилля різання.

2. Застосування електроприводного різального верстата для автоматизованої конвеєрної лінії передбачає виконання циклічних операцій як в дистанційному так і в автоматичному режимі забезпечуючи зусилля різу у 224 Н. Кут нахилу леза при цьому становить 2° та гарантує відокремлення заготовок тришарового гофрованого картону розміром 2000×1300 мм, завтовшки 4 мм. Прийняті технічні рішення здатні в повній мірі забезпечити автоматизовану роботу виробничої конвеєрної лінії.

REFERENCES

- [1] Mathaba, T., & Xia, X. (2017). Optimal and energy efficient operation of conveyor belt systems with downhill conveyors. *Energy efficiency*, 10. P. 405–417. DOI: 10.1007/s12053-016-9461-8
- [2] Jiang, X., Namoke, M., Wu, J., & Jiang, W. (2024). Control system design for belt conveyor. *Advanced manufacturing and automation XIII*, DOI: 10.1007/978-981-97-0665-5_70
- [3] Romanchev, I.O. (2019). The mathematical model of the belt conveyor. *Materials science and engineering*, 560, 012035. DOI: 10.1088/1757-899x/560/1/012035
- [4] Kovalchuk, M.S., & Baburin, S.V. (2018). Modelling and control system of multi motor conveyor. *Materials science and engineering*, 327, 022065. DOI: 10.1088/1757-899x/327/2/022065
- [5] Feng, Y., Zhang, M., Li, G., & Meng, G. (2019). Dynamic characteristic analysis and startup optimization design of an intermediate drive belt conveyor with non-uniform load. *Science progress*, 103(1). DOI: 10.1177/0036850419881089
- [6] Loveikin, V., Romasevych, Yu., Kuplin, R., & Pochka, K. (2024). Belt conveyor starting mode optimization. *Strength of materials and theory of structures*, 112, 170–184. DOI: 10.32347/2410-2547.2024.112.170-184
- [7] Wu, L., Li, J., Zhang, H., Zhang, W., & Huang, Sh. (2023). Research on a system for the diagnosis and localization of conveyor belt deviations in belt conveyors. *Measurement science and technology*, 35(3). DOI: 10.1088/1361-6501/ad0c48
- [8] Yao, Y., & Zhang, B. (2020). Influence of the elastic modulus of a conveyor belt on the power allocation of multi-drive conveyors. *PLoS ONE*, 15, e0235768. DOI: 10.1371/journal.pone.0235768
- [9] Hou, Ch., Qiao, W., Gao, X., & Dong, H. (2024). Non-contact measurement of conveyor belt speed based on fast point cloud registration of feature block. *Measurement science and technology*, 35(12). DOI: 10.1088/1361-6501/ad7c6d
- [10] Belytskyi, P. (2024). Influence of load transportation speed by belt conveyor on specific energy consumption in conveyor transport. *Journal of electrical and power engineering*, 30(1), 80–84. DOI: 10.31474/2074-2630-2024-1-80-84
- [11] Belytskyi, P. (2024). Influence of load transportation speed by belt conveyor on specific energy consumption in conveyor transport. *Journal of electrical and power engineering*, 29(2), 38–42. DOI: 10.31474/2074-2630-2023-2-38-42
- [12] Wan, L., & Lin, F. (2024). Simulation and experimental study on indentation rolling resistance of a belt conveyor. *Machines*, 12(11), 778. DOI: 10.3390/machines12110778
- [13] Sibanda, V., Mpofu, Kh., Afolabi, D. I., & Ale, F. (2022). Reconfiguration ramp-up cost analysis for a reconfigurable guillotine shear and bending press machine. *Cogent engineering*, 9(1), 1–24. DOI: 10.1080/23311916.2022.2085002

- [14] Sibanda, V., Mpofu, Kh., & Trimble, J. (2021). Methodology for the design of a reconfigurable guillotine shear and bending press machine (RGS&BPM). *Journal of engineering design and technology*, 19(6), 1317–1343. DOI: 10.1108/JEDT-06-2020-0254
- [15] Golodnyi, I., & Sanchenko, A. (2023). Technical and economic analysis of adjustable electric fan drive with various control systems. *Energy and automation*, 69(5), 148–154. DOI: 10.31548/energiya5(69).2023.148
- [16] Li, W., Haoxin, L., Jingkai, H., Jinbin, Z., Luxin, T., Weibin, W., & Yuanqiang, L. (2023). Research on and design of an electric drive automatic control system for mine belt conveyors. *Processes*, 11(6), 1762. DOI: 10.3390/pr11061762
- [17] Wang, G.M., Zhang, L.Ch., & Yang, L.H. (2021). Research on power consumption model of permanent magnet direct drive belt conveyor system based on fruit fly optimization algorithm-generalized regression neural network-particle swarm optimization. *Journal of nanoelectronics and optoelectronics*, 16(6), 941–948. DOI: 10.1166/jno.2021.3038
- [18] Zulkarnain, A.F., & Mulyadi (2024). Design and cost of pandan chopping machine components with an electric motor drive. *Indonesian journal of cultural and community development*, 15(2), 1–11. DOI: 10.21070/ijccd.v15i2.1183
- [19] Khanahmedov, S. (2024). Some issues of increasing the efficiency of electric machines. *Przegląd elektrotechniczny*, 9(0033-2097), 171–173. DOI: 10.15199/48.2024.09.32
- [20] Yogita, D. B. (2024). Mathematical optimization of electric motor designs. *Panamerican mathematical journal*, 35(1s), 220–230. DOI: 10.52783/pmj.v35.1s.2310

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Mathaba, T., & Xia, X. (2017). Optimal and energy efficient operation of conveyor belt systems with downhill conveyors. *Energy efficiency*, 10. P. 405–417. DOI: 10.1007/s12053-016-9461-8
- [2] Jiang, X., Namoke, M., Wu, J., & Jiang, W. (2024). Control system design for belt conveyor. *Advanced manufacturing and automation XIII*, DOI: 10.1007/978-981-97-0665-5_70
- [3] Romanchev, I.O. (2019). The mathematical model of the belt conveyor. *Materials science and engineering*, 560, 012035. DOI: 10.1088/1757-899x/560/1/012035
- [4] Kovalchuk, M.S., & Baburin, S.V. (2018). Modelling and control system of multi motor conveyor. *Materials science and engineering*, 327, 022065. DOI: 10.1088/1757-899x/327/2/022065
- [5] Feng, Y., Zhang, M., Li, G., & v Meng, G. (2019). Dynamic characteristic analysis and startup optimization design of an intermediate drive belt conveyor with non-uniform load. *Science progress*, 103(1). DOI: 10.1177/0036850419881089
- [6] Loveikin, V., Romasevych, Yu., Kuplin, R., & Pochka, K. (2024). Belt conveyor starting mode optimization. *Strength of materials and theory of structures*, 112, 170–184. DOI: 10.32347/2410-2547.2024.112.170-184
- [7] Wu, L., Li, J., Zhang, H., Zhang, W., & Huang, Sh. (2023). Research on a system for the diagnosis and localization of conveyor belt deviations in belt conveyors. *Measurement science and technology*, 35(3). DOI: 10.1088/1361-6501/ad0c48
- [8] Yao, Y., & Zhang, B. (2020). Influence of the elastic modulus of a conveyor belt on the power allocation of multi-drive conveyors. *PLoS ONE*, 15, e0235768. DOI: 10.1371/journal.pone.0235768
- [9] Hou, Ch., Qiao, W., Gao, X., & Dong, H. (2024). Non-contact measurement of conveyor belt speed based on fast point cloud registration of feature block. *Measurement science and technology*, 35(12). DOI: 10.1088/1361-6501/ad7c6d
- [10] Belytskyi, P. (2024). Influence of load transportation speed by belt conveyor on specific energy consumption in conveyor transport. *Journal of electrical and power engineering*, 30(1), 80–84. DOI: 10.31474/2074-2630-2024-1-80-84
- [11] Belytskyi, P. (2024). Influence of load transportation speed by belt conveyor on specific energy consumption in conveyor transport. *Journal of electrical and power engineering*, 29(2), 38–42. DOI: 10.31474/2074-2630-2023-2-38-42
- [12] Wan, L., & Lin, F. (2024). Simulation and experimental study on indentation rolling resistance of a belt conveyor. *Machines*, 12(11), 778. DOI: 10.3390/machines12110778
- [13] Sibanda, V., Mpofu, Kh., Afolabi, D. I., & Ale, F. (2022). Reconfiguration ramp-up cost analysis for a reconfigurable guillotine shear and bending press machine. *Cogent engineering*, 9(1), 1–24. DOI: 10.1080/23311916.2022.2085002
- [14] Sibanda, V., Mpofu, Kh., & Trimble, J. (2021). Methodology for the design of a reconfigurable guillotine shear and bending press machine (RGS&BPM). *Journal of engineering design and technology*, 19(6), 1317–1343. DOI: 10.1108/JEDT-06-2020-0254
- [15] Golodnyi, I., & Sanchenko, A. (2023). Technical and economic analysis of adjustable electric fan drive with various control systems. *Energy and automation*, 69(5), 148–154. DOI: 10.31548/energiya5(69).2023.148
- [16] Li, W., Haoxin, L., Jingkai, H., Jinbin, Z., Luxin, T., Weibin, W., & Yuanqiang, L. (2023). Research on and design of an electric drive automatic control system for mine belt conveyors. *Processes*, 11(6), 1762. DOI: 10.3390/pr11061762
- [17] Wang, G.M., Zhang, L.Ch., & Yang, L.H. (2021). Research on power consumption model of permanent magnet direct drive belt conveyor system based on fruit fly optimization algorithm-generalized regression neural network-particle swarm optimization. *Journal of nanoelectronics and optoelectronics*, 16(6), 941–948. DOI: 10.1166/jno.2021.3038
- [18] Zulkarnain, A.F., & Mulyadi, (2024). Design and cost of pandan chopping machine components with an electric motor drive. *Indonesian journal of cultural and community development*, 15(2), 1–11. DOI: 10.21070/ijccd.v15i2.1183
- [19] Khanahmedov, S. (2024). Some issues of increasing the efficiency of electric machines. *Przegląd elektrotechniczny*, 9(0033-2097), 171–173. DOI: 10.15199/48.2024.09.32
- [20] Yogita, D. B. (2024). Mathematical optimization of electric motor designs. *Panamerican mathematical journal*, 35(1s), 220–230. DOI: 10.52783/pmj.v35.1s.2310

© Войтасик А. М.

Дата надходження статті до редакції: 27.01.2025

Дата затвердження статті до друку: 12.02.2025

ЗМІСТ

СУДНОБУДУВАННЯ

<i>К. О. Морозов, О. О. Морозов.</i> АНАЛІЗ АЛЬТЕРНАТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ОПТИМАЛЬНИХ ГОЛОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ШВИДКІСНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА З АУТРИГЕРАМИ.....	3
<i>В. О. Нєкрасов.</i> АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СУДЕН СЛУЖБОВО-ДОПОМІЖНОГО І ТЕХНІЧНОГО ФЛОТІВ УКРАЇНИ ТА НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ І НАДІЙНОСТІ.....	7

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

<i>С. В. Драган, Ю. О. Ярослав, Д. С. Гладченко.</i> РОЗВИТОК ТА НАПРЯМКИ РОЗРОБКИ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ПРИВАРЮВАННЯ АНКЕРНИХ СТРИЖНІВ ІЗ АРМАТУРНОЇ СТАЛІ.....	17
<i>В. О. Лебедєв, В. В. Спїхтаренко, С. А. Лой, О. М. Халїмовський.</i> АНАЛІЗ ЯКОСТІ ВИКОНАНИХ ПЛАЗМОВИМ НАПИЛЕННЯМ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ І УСТАНОВОК.....	24
<i>М. Б. Літвінова, О. М. Дудченко, О. Д. Штанько, С. О. Карпова.</i> ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ МНОЖИННОЇ КОРЕЛЯЦІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КРИСТАЛІВ ЛЕГОВАНОГО АРСЕНІДУ ГАЛІЮ.....	34
<i>М. В. Соколовський, О. В. Сїора, Ю. В. Юрченко, Д. А. Гардер, А. В. Бернацький.</i> АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ НАПЛАВЛЕННІ НА ТОНКОСТІННУ ОСНОВУ.....	42

ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

<i>В. О. Лебедєв, В. В. Спїхтаренко, С. А. Лой.</i> СТРУМОПІДВОДИ З ПОКРАЩЕНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ.....	49
<i>Л. А. Проїц, Р. В. Росул, Ю. І. Фордзюн.</i> РОЗРОБЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСЕННЯ В СУЧАСНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСАХ.....	53

ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

<i>А. А. Нєстер, Л. О. Мітюк, Г. А. Нєстер.</i> РОЗСЛІДУВАННЯ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ В ПОЛЬЩІ ТА УКРАЇНІ.....	61
<i>С. І. Сєрбїн, Б. М. Личко, А. Б. Колєсников.</i> ЗМЕНШЕННЯ ЕМІСІЇ ОКСИДІВ АЗОТУ ПРИ СТУПІНЧАСТОМУ ПІДВЕДЕННІ ПОВІТРЯ В КАМЕРУ ЗГОРЯННЯ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА, ЩО ПРАЦЮЄ НА АМІАКУ.....	68
<i>С. І. Сєрбїн, А. В. Козловський, С. В. Вілкул, Б. Т. Дїасамїдзе.</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМОХІМІЧНОГО ІНТЕНСИФІКАТОРА.....	76

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

<i>А. М. Войтасик.</i> РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА РІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ.....	83
<i>С. С. Козирєв.</i> АДАПТИВНЕ КЕРУВАННЯ ЗАРЯДНИМ ПРИСТРОЄМ ГЕНЕРАТОРА ІМПУЛЬСНИХ СТРУМІВ РОЗРЯДНО-ІМПУЛЬСНИХ УСТАНОВОК.....	92
<i>В. М. Рябенський, С. Л. Трибулькевич, І. М. Худякова, І. І. Стужук.</i> БАГАТОКАНАЛЬНА СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ З ГАЛЬВАНІЧНОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ КАНАЛІВ.....	98

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>В. С. Темчур, Т. Г. Баган.</i> ПРЕДИКТИВНА ДІАГНОСТИКА ВІБРАЦІЙНОГО СИГНАЛУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ MSCNN-LSTM.....	107
<i>Г. Ю. Гайдай, А. Ю. Грешинов.</i> РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО НАВЧАННЯ ОСНОВАМ КОРАБЕЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ.....	113

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>М. Ю. Вишняк, М. Ю. Пироженко.</i> ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ АВТОМАТИЧНОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ СИСТЕМ З ОБРОБКИ ПРИРОДНОЇ МОВИ.....	118
<i>В. І. Зюзюн, Д. С. Бредіхін.</i> РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ПРОЄКТУ СТВОРЕННЯ ВЕБ-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ НАСЕЛЕННЯ.....	126
<i>В. І. Зюзюн, Д. О. Ляшенко.</i> КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ПРОЄКТІ СТВОРЕННЯ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМИ ВИСОКОВАРТІСНИХ ТОВАРІВ.....	137
<i>Р. В. Олійник, В. С. Костирко.</i> АНАЛІЗ І ФОРМАЛІЗАЦІЯ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ВИБОРУ ЕКОСИСТЕМИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	144
<i>О. В. Цеслів, С. В. Коломієць, А. С. Коломієць.</i> ПРОЄКТИ РЕМАНУФАКТУРІНГУ В ІНДУСТРІЇ 5.0.....	150

ЕКОНОМІКА ТА МЕНЕДЖМЕНТ

<i>С. В. Герчанівська, І. С. Гурська.</i> СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ РИНКУ СВИНИНИ В УКРАЇНІ.....	156
<i>М. С. Коценко.</i> ОРГАНІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО ЯК ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНОГО АГРОБІЗНЕСУ.....	164
<i>М. В. Шарко, О. І. Гончар, В. О. Пащенко, М. І. Проскурівський, В. М. Фомішина, А. В. Зіновський, С. О. Бондаренко.</i> АДАПТАЦІЯ СТАТИСТИЧНИХ КРИТЕРІЇВ ДО УПРАВЛІННЯ ВАЛЮТНИМИ РИЗИКАМИ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.....	169

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

<i>М. С. Галактіонов, В. І. Бредун.</i> ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ.....	178
<i>Л. І. Демчук, О. М. Алпатова, Т. В. Курбет.</i> ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПРОВАДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ТОВ «КОРОСТИШІВСЬКА ПАПЕРОВА ФАБРИКА».....	184
<i>Л. І. Демчук, І. С. Пацев, Г. В. Скиба, І. М. Войналович.</i> ОЦІНКА ВІДНОВЛЕННЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ПІСЛЯ ВІЙНИ: РИЗИКИ ТА НАДІЇ	191
<i>Г. В. Кірейцева, І. Ю. Циганенко-Дзюбенко</i> ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ГІДРОМЕРЕЖУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА СТРАТЕГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ.....	199

CONTENT

SHIPBUILDING

<i>Kostyantyn O. Morozov, Oleksii O. Morozov.</i> ANALYSIS OF ALTERNATIVE SOLUTIONS IN DETERMINING THE OPTIMAL MAIN ELEMENTS OF A HIGH-SPEED PASSENGER VESSEL WITH OUTRIGGERS.....	3
<i>Valeriy O. Nekrasov.</i> AN ANALYSIS OF CURRENT STATE OF VESSELS OF THE SERVICE-AUXILIARY AND TECHNICAL FLEETS OF UKRAINE AND DIRECTIONS FOR IMPROVING THEIR EFFICIENCY AND RELIABILITY	7

MATERIALS SCIENCE

<i>Stanislav V. Drahan, Yuriy O. Yaros, Dmytro S. Hladchenko.</i> MODERNIZATION AND DEVELOPMENT DIRECTIONS OF THE TOOL FOR ELECTRIC ARC WELDING OF ANCHOR RODS MADE OF REINFORCING STEEL.....	17
<i>Volodymyr A. Lebedev, Volodymyr V. Spihtarenko, Serhii A. Loi, Oleksiy M. Khalimovskyy.</i> ANALYSIS OF THE QUALITY OF COATINGS MADE BY PLASMA SPRAYING FOR NODES AND PARTS OF GAS TURBINES ENGINES AND INSTALLATIONS.....	24
<i>Maryna B. Litvinova, Oleg M. Dudchenko, Oleksandr D. Shtanko, Svitlana O. Karpova.</i> USING THE MULTIPLE CORRELATION METHOD TO STUDY DOPED GALLIUM ARSENIDE CRYSTALS....	34
<i>Mykola V. Sokolovskyi, Oleksandr V. Siora, Yurii V. Yurchenko, Dmytro A. Harder, Artemii V. Bernatskyi.</i> ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CHANGES IN LASER RADIATION PARAMETERS ON STRUCTURE FORMATION DURING LASER CLADDING ON A THIN-WALLED BASE.....	42

APPLIED MECHANICS

<i>Volodymyr A. Lebedev, Volodymyr V. Spihtarenko, Serhii A. Loi.</i> POWER SUPPLIES WITH IMPROVED CHARACTERISTICS.....	49
<i>Larisa A. Prots, Ruslan V. Rosul, Yurii I. Fordziun.</i> DEVELOPMENT OF ENGINEERING METHODS FOR IMPROVING HEAT AND MASS TRANSFER IN MODERN PRODUCTION PROCESSES.....	53

POWER ENGINEERING

<i>Anatolii A. Nester, Liudmyla O. Mitiuk, Gennadii A. Nester.</i> INVESTIGATION OF ACCIDENTS IN THE MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY IN POLAND AND UKRAINE.....	61
<i>Serhii I. Serbin, Bohdan M. Lychko, Anatolii B. Kolesnykov.</i> REDUCTION OF NITROGEN OXIDES EMISSION THROUGH STAGED AIR SUPPLY IN THE COMBUSTION CHAMBER OF AN AMMONIA-FUELED GAS TURBINE ENGINE.....	68
<i>Serhiy I. Serbin, Artem V. Kozlovskyy, Serhiy V. Vilkul, Badri T. Disamidze.</i> EXPERIMENTAL STUDIES OF ENERGY CHARACTERISTICS OF A PLASMA-CHEMICAL INTENSIFIER.....	76

ELECTRIC POWER ENGINEERING, ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTROMECHANICS

<i>Andrii M. Voitasyk.</i> DEVELOPMENT OF AN ELECTRIC DRIVE FOR A CUTTING MACHINE FOR AN AUTOMATED CONVEYOR LINE.....	83
<i>Serhiy S. Kozyrev.</i> ADAPTIVE CONTROL OF PULSE CURRENT GENERATOR CHARGER FOR DISCHARGE-PULSE INSTALLATIONS.....	92
<i>Volodymyr M. Ryabenkyy, Serhii L. Trybulkevich, Irina M. Khudyakova, Igor I. Stuzhuk.</i> MULTI-CHANNEL DATA ACQUISITION SYSTEM WITH GALVANIC CHANNELS ISOLATION.....	98

AUTOMATION AND COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES

<i>Vladyslav S. Temchur, Taras H. Bahan.</i> PREDICTIVE DIAGNOSTICS OF ELECTRIC MOTOR VIBRATION SIGNAL BASED ON MSCNN-LSTM TECHNOLOGY.....	107
<i>Hanna Yu. Haidai, Andrii Yu. Hrieshnov.</i> DEVELOPMENT OF ALGORITHMIC PROVISION FOR A DISTANCE LEARNING SYSTEM FOR THE NAVAL ENGINEERING BASICS	113

COMPUTER SCIENCES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

<i>Mykhailo Y. Vyshniak, Mykhailo Y. Pyrozhenko.</i> AUTOMATED MACHINE LEARNING TECHNOLOGIES FOR NATURAL LANGUAGE PROCESSING SYSTEMS.....	118
<i>Vadym I. Ziuziun, Dmytro S. Bredikhin.</i> DEVELOPMENT OF THE INFORMATION STRUCTURE OF THE PROJECT FOR CREATING A WEB PLATFORM TO IMPROVE THE ECOLOGICAL CULTURE OF THE POPULATION.....	126
<i>Vadym I. Ziuziun, Denys O. Liashenko.</i> CONCEPTUAL RISK MANAGEMENT MODEL FOR THE DEVELOPMENT OF AN ONLINE PLATFORM FOR HIGH-VALUE GOODS.....	137
<i>Roman V. Olijnyk, Vasyl S. Kostyrko.</i> ANALYSIS AND FORMALIZATION OF CRITERIA FOR SELECTING A SOFTWARE DEVELOPMENT ECOSYSTEM.....	144
<i>Olga V. Tsesliv, Sergey V. Kolomiets, Anna S. Kolomiets.</i> REMANUFACTURING PROJECTS IN INDUSTRY 5.0.....	150

ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>Svitlana V. Gerchanivska, Iryna S. Hurska.</i> CURRENT TRENDS IN THE PORK MARKET DEVELOPMENT IN UKRAINE.....	156
<i>Marina S. Kotsenko.</i> ORGANIC PRODUCTION AS A PRIORITY DIRECTION FOR THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC AGRIBUSINESS.....	164
<i>Marharyta V. Sharko, Olga I. Gonchar, Volodymyr O. Pashchenko, Mykhailo I. Proskurivskyi, Vira M. Fomishyna, Artem V. Zinovskiy, Sofiia O. Bondarenko.</i> ADAPTATION OF STATISTICAL CRITERIA TO CURRENCY RISK MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF GLOBAL UNCERTAINTY.....	169

ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY

<i>Mykola S. Halaktionov, Viktor I. Bredun.</i> THE USE OF VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS FOR MONITORING THE IMPACT OF MOTOR VEHICLES ON AIR QUALITY.....	178
<i>Liudmyla I. Demchuk, Oksana M. Alpatova, Tatiana V. Kurbet.</i> ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE IMPLEMENTATION OF A LOCAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEM WATER TREATMENT SYSTEM AT KOROSTYSHIV PAPER MILL LLC.....	184
<i>Liudmyla I. Demchuk, Igor S. Pazev, Halyna V. Skiba, Iryna M. Voinalovich.</i> ASSESSING THE RESTORATION OF FOREST ECOSYSTEMS AFTER THE WAR: RISKS AND HOPES.....	191
<i>Hanna V. Kireitseva, Illia Yu. Tsyhanenko-Dziubenko.</i> ECOLOGICAL ASSESSMENT OF MILITARY ACTIONS IMPACT ON THE KYIV REGION HYDRONETWORK AND STRATEGIES FOR AQUATIC ECOSYSTEM RESTORATION.....	199

Наукове видання

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
1 (499) 2025**

Заснований Національним університетом кораблебудування
імені адмірала Макарова у жовтні 1934 р.

Коректура – Н. В. Славогородська
Комп'ютерне верстання – М. С. Михальченко

Підписано до друку: 28.04.2025.
Формат 60×84/8. Гарнітура Times New Roman.
Цифровий друк. Ум. друк. арк. 24,64.
Замов. № 0425/318. Наклад 300 прим.

Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.