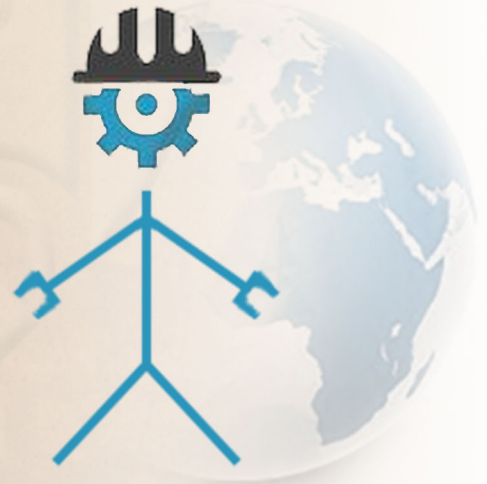


CONFERENCE PROCEEDINGS

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF
PERSONNEL TRAINING FOR
INDUSTRY AND TRANSPORT**

ITPTIT'2023



**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ КАДРІВ
ДЛЯ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ТРАНСПОРТУ»**



OPEN  ACCESS

28 – 29 April 2023

Dnipro University of Technology



Ministry of Education and Science of Ukraine

Dnipro University of Technology
(Ukraine)

Vellore Institute of Technology (India)

Aktobe Regional State University named
after K. Zhubanov (Kazakhstan)

Training Center 'Infotech'

Public Organization
Education Center 'Open Knowledge'

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

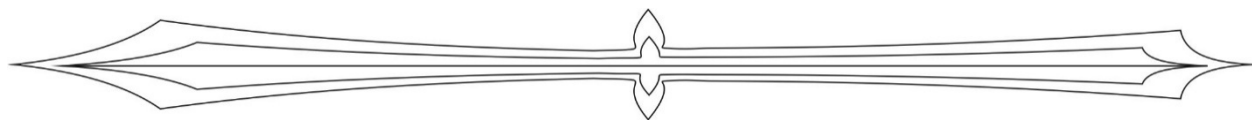
Велорський технологічний інститут (Індія)

Актюбинський регіональний державний
університет ім. К. Жубанова (Казахстан)

Учбовий центр «Інфотех»

Громадянська організація
Освітній центр «Відкрите знання»

Innovative Technologies of
Personnel Training
for Industry and Transport 2023
(ITPTIT'2023)
Conference Proceedings



Збірник наукових праць міжнародної конференції

«Інноваційні технології підготовки кадрів для промисловості та
транспорту 2023»

28-29 April 2023

Ukraine, Dnipro

28-29 квітня 2023 року

Україна, Дніпро

УДК [[622:378.6]:[005.96:004]](082)

C 232

C 232 Збірник наукових праць міжнародної конференції «Інноваційні технології підготовки кадрів для промисловості та транспорту 2023». – Дніпро: НТУ «ДП», 2023. – 245 с.

Збірник містить науково-методичні праці студентів, аспірантів, молодих вчених, співробітників ВНЗ, навчальних закладів, представників підприємств і практикуючих фахівців, які розглядають проблеми і сучасні інноваційні рішення в галузі вищої освіти, науки і техніки. Всю повноту відповідальності за зміст наданих матеріалів і сам факт їх публікації несуть автори. Редакція збірника праць може не поділяти думку авторів і не несе відповідальності за недостовірність інформації, що публікується. Редакція не несе ніякої відповідальності перед авторами і/або третіми особами і організаціями за можливі збитки, викликаний публікацією матеріалів.

Innovative Technologies of Personnel Training for Industry and Transport 2023 (ITPTIT'2023). Conference Proceedings. (2023) Ukraine, Dnipro: DUT, 245 p.

ITPTIT'2023 is a comprehensive conference covering all the various topics of High Education, Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry, Innovation Research in Technical Sciences.

Authors are notified, that it is the responsibility of the authors, not the publisher, to determine whether disclosure of their material requires the prior consent of other parties and, if so, to obtain it. Authors are also advised that it shall be acknowledged that statements and opinions given in work published by ITPTIT are the expression of the authors. Responsibility for the content of published papers rests upon the authors, not the publisher.

ISSN 2311-147X (CD-ROM)

ISSN 2312-198X (Online)

Design and layouting: Ilya Verner

www.sci-forum.net.ua

Technical support: Laboratory of Informational Technology Design

Department of Engineering and Generative Design

© 2023 The Authors. Published by Dnipro University of Technology. This

is an open access article under the CC BY-NC-ND license

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



ORGANIZING COMMITTEE

Chairman – **Kirill Ziborov**, PhD, Dean of Mechanical Engineering Faculty, Dnipro University of Technology;

Secretary – **Dmitro Laukhin**, PhD, Professor, Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology;

SCIENTIFIC COMMITTEE

Dr. **Victor Gristchak** - PhD, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Dnipro University of Technology;

Dr. **Viktor Kravets** - PhD, Professor, Automobiles and Automobile Economy Department, National Technical University 'Dnipro Polytechnic';

Prof. **S. Kalainathan** - Deputy Director, Center for Crystal Growth, SAS, Vellore Institute of Technology (India);

Dr. **Girish M. Joshi** - Associate Professor in Physics, Polymer Nanocomposite Lab, Center for Crystal Growth, Vellore Institute of Technology (India);

Mr. **Sergej Fedoriachenko** - PhD, Associate Professor, Head of Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology;

Ms. **Tatniana Pismenkova** – PhD, Associate Professor, Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology;

Ms. **Lubov Chernova** – Ph.D., PO EC "Open Knowledge";

Technical editor – **Ilya Verner**, Lecturer, Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова оргкомітету конференції – **Зіборов К.А.**, кандидат технічних наук, декан механіко-машинобудівного факультету, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка";

вчений секретар – **Лаухін Д.В.**, доктор технічних наук, професор кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка";

Члени оргкомітету конференції:

Грицак В.З. - доктор технічних наук, Заслужений діяч науки і техніки України, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка";

Кравець В.В. - доктор технічних наук, автомобілів і автомобільного господарства, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка";

S. Kalainathan - професор, генеральний директор, Center for Crystal Growth, SAS, Vellore Institute of Technology (Індія);

Girish M. Joshi – кандидат фізичних наук, лабораторія нанополімерних композитів, Центр дослідження кристалів, Велорській технологічний інститут (Індія);

Федоряченко С.О. - кандидат технічних наук, завідувач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка";

Письменкова Т.О. - кандидат педагогічних наук, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка";

Чернова Л.Є. – кандидат філософських наук, ГО ОЦ «Відкрите знання»;
технічний редактор – **Вернер І.В.**, старший викладач, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

Table of Contents

Зміст

5

Mining and Metallurgical Equipment
Гірниче та металургійне обладнання

Denys Dovhal*Theoretical Foundations for Optimizing the Executive Bodies Parameters for Coal Extraction by Brushing in Thin Seam***Д.О. довгаль***Теоретичні основи оптимізації параметрів виконавчих органів для виїмки вугілля вибурюванням в тонких пластах***12****Andrii Khorolskyi***Application of the AHP Method for Choosing a Rational Shearer***А.О. Хорольський***Застосування АНР методу для вибору раціонального очисного комбайну***18**

Mechanical Engineering and Engineering Science
Машинобудування і машинознавство

D.A. Bilyi, N.O. Rott*Analysis of The Use of Tenon Joints in the Design of Wood Products***Д.А. Білий, Н.О. Ротт***Аналіз використання шипових з'єднань при проектуванні виробів з дерева***27****O. Bohdanov, O. Zakharov,
N. Mohylchenko***Optimization of Cutting Modes and Optimality Criteria***О.О. Богданов, О.С. Захаров,
Н.В. Могильченко***Оптимізація режимів різання та критерії оптимальності***34****David Veretilnyk, Diana Zakharova***Application of Modern Computer Technologies Solidworks for Reverse Engineering Boring Mill***Д. В. Веретільник, Д. Р. Захарова***Використання сучасних комп'ютерних технологій Solidworks для зворотного інжинірингу свердлильного верстата***39**

Diana Zakharova <i>Main Principles Applying Modern Computer Technologies Solidworks in Realization Projects for the Junior Academy of Sciences of Ukraine</i>	Д.Р. Захарова <i>Основні засади використання сучасних комп'ютерних технологій Solidworks при реалізації проектів для конкурсу-захисту МАН</i>	44
Artem Ziabrev, Diana Zakharova <i>Using Modern Solidworks Computer Technologies for Calculation the Coefficient of the Safety Factor of the Screw Jack</i>	А.В. Зябрев, Д.Р. Захарова <i>Використання сучасних комп'ютерних технологій Solidworks для обчислення коефіцієнту запасу сили гвинтового домкрату</i>	49
Artem Kovtun, Diana Zakharova <i>Application of Modern Computer Technologies Solidworks and Virtual Reality for Reverse Engineering of the Rhombic Jack</i>	А.С. Ковтун, Д.Р. Захарова <i>Використання сучасних комп'ютерних технологій Solidworks та Virtual Reality для зворотного інжинірингу вантажозахоплювальних кліщів</i>	54
Pavlo Maluev, Diana Zakharova <i>Application of Modern Computer Technologies Solidworks and Virtual Reality for Reverse Engineering of the Rhombic Jack</i>	П.А. Малуєв, Д.Р. Захарова <i>Використання сучасних комп'ютерних технологій Solidworks та Virtual Reality для зворотного інжинірингу ромбічного домкрату</i>	59
Iryna Matsiuk, Yelyzaveta Ivanchenko <i>About the Application of Plastic Nut in Loaded Screw Gear</i>	І.М. Мацюк, Є.М. Іванченко <i>Про застосування пластикової гайки у навантаженій гвинтовій передачі</i>	64
Makar Pobuypech, Anastasiia Khoroshun, Maksym Balaka <i>Determination of the Design Forces in the Scraper Traction Frame Elements</i>	М.О. Побуйпеч, А.В. Хорошун, М.М. Балака <i>Визначення розрахункових зусиль в елементах тягової рами скрепера</i>	69
Dmytro Pryshchepa, Evhen Shcherbyna, Vitalii Derbaba <i>Software Implementation of The Mode Parameters Optimization When Assembling the Mechanical Processing Automated Technology on Machines With CNC</i>	Д.О. Прищепя, Є.Ю. Щербина, В.А. Дербабя <i>Програмна реалізація оптимізації режимних параметрів при складанні автоматизованої технології механічної обробки на верстатах з ЧПК</i>	75

<p>Olexander Tverdokhlib, Ilya Verner, Dmytro Guzenko <i>Rational Parameters Selection of The Excavator Bucket Holder with the Help of Shape Topological Optimization In Autodesk Fusion 360</i></p>	<p>О.М.Твердохліб, І.В.Вернер, Д.І. Гузенко <i>Вибір раціональних параметрів тримача ковша за допомогою топологічної оптимізації форми в Autodesk Fusion 360</i></p>	<p>90</p>
--	--	------------------

Transport Technologies and Equipment

Транспортні технології та обладнання

<p>V.V. Kirsanova <i>Environmental Problems of Electric Cars and Possible Ways to Solve Them</i></p>	<p>В.В. Кірсанова <i>Екологічні проблеми електромобілів і можливі шляхи їх вирішення</i></p>	<p>94</p>
<p>V.V. Krivda, M.M. Erisov, M.O. Maksimenko <i>Artificial Intelligence in Vehicle Control Systems</i></p>	<p>В.В. Кривда, М.М. Єрісов, М.О. Максименко <i>Штучний інтелект у системах керування транспортними засобами</i></p>	<p>98</p>
<p>Olha Khodos, Olena Lagoshna <i>The Methodology of Determining the Exploitation of a Vehicle by Using Information Technologies</i></p>	<p>О.Г. Ходос, О.О. Лагошна <i>Методології визначення терміну експлуатації автомобіля шляхом використання інформаційних технологій</i></p>	<p>105</p>
<p>Serhiy Cheberyachko, Oleg Deryugin, Roman Kryvyi <i>Logistical Risks Investigation of Transport Project of Oversized and Heavy Cargo Freight Road Transportation (Wind Generator Rotor Blade)</i></p>	<p>С.І. Чеберячко, О.В. Дерюгін, Р.А. Кривий <i>Дослідження логістичних ризиків транспортного проекту вантажних автомобільних перевезень негабаритного і великовагового вантажу (лопатеь ротора вітрового генератора)</i></p>	<p>109</p>

Resource and Energy Saving Technologies and Materials
Ресурсо - и энергосберегающие технологии и материалы

Iryna Doshchekina, Daryna Dulich <i>Efficiency of Products Hydrodynamic Extrusion from Low Ductility Steel</i>	І.В. Дощечкіна, Д.В. Дуліч <i>Ефективність гідродинамічного видавлювання виробів із міцної малопластичної сталі</i>	123
Kirill Ziborov, Kostya Zaguba <i>Simulation of Prosthesis for Orthotropic Surgery</i>	К.А. Зіборов, К. Загуба <i>Моделювання протезів під ортотропічну хірургію</i>	129
Maria Iliina <i>Supporting the Introduction of Ecological Innovations to Increase Energy Efficiency of Local Economies</i>	М.В. Ільїна <i>Забезпечення впровадження екологічних інновацій задля підвищення енергоефективності місцевої економіки</i>	133
D.O. Mishchuk, Ye.O. Mishchuk, M.M. Balaka <i>Energy Distribution Modeling in The Hydraulic Drive System of a Forklift</i>	Д.О. Міщук, Є.О. Міщук, М.М. Балака <i>Моделювання розподілення енергії в системі гідроприводу автотранспорту</i>	141
V.E. Olishevskaya, H.S. Olishevskiy <i>Motor Transport Ecological Influencing on an Environment</i>	В.Є. Олішевська, Г.С. Олішевський <i>Екологічний вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище</i>	147
Andrii Khorolskiy <i>Results of Studies to Determine the Optimal Ratio of Productive Flows of Coal, Gas, Water, Rock in the Conditions of Diversification</i>	А.О. Хорольський <i>Результати досліджень щодо визначення оптимального співвідношення продуктивних потоків вугілля, газу, води, породи в умовах диверсифікації</i>	153
Ihor Chobotko <i>The Circular Economy Role in Mining Waste Management</i>	І.І. Чоботко <i>Роль циркулярної економіки в управлінні відходами гірничодобувних підприємств</i>	162

Ihor Chobotko <i>Applying Scrum Approach In Coal Mine Waste Management</i>	І.І. Чоботько <i>Scrum підхід в управлінні відходами вугільних шахт</i>	168
Informational Technologies of Design, Modeling, Design, Modern WEB-technologies Інформаційні технології проектування, моделювання, дизайну, сучасні WEB-технології		
Kirill Ziborov, Ilya Verner, Mykhailo Pimakhov <i>Manufacturing Product Stages Visualization is a Modern Tool for Demand Generation</i>	К.А. Зіборов, І.В. Вернер, М.В. Пімахов <i>Візуалізація етапів виготовлення виробів – сучасний інструмент формування попиту</i>	173
A. Kosolapov, I. Busyrev <i>System Design of Enterprises It-Architectures</i>	А.А. Косолапов, І.Вю Бусирев <i>Системне проектування ІТ-архітектур підприємств</i>	179
Iryna Matsiuk, Hanna Zharko <i>Project Development of a Single-Storey Individual Ecological House</i>	І.М. Мацюк, Г.С. Жарко <i>Розробка проекту одноповерхового індивідуального екологічного будинку</i>	183
T.O. Pysmenkova, O.O. Novikova <i>Creating an Optimal Visual Component of the Display for VR Glasses</i>	Т.О. Письменкова, О.О. Новікова <i>Створення оптимальної візуальної складової дисплею для VR окулярів</i>	189
Zoia Sazanishvili, Danylo Yuriev <i>Additive Technologies in the Process of Restoration of Structure Elements</i>	З.В. Сазанішвілі, Д.В. Юр'єв <i>Адитивні технології у процесі відновлення елементів конструкції</i>	200
Serhii Fedoriachenko, Iryna Matsiuk, Vladyslav Polyukhovych <i>Development of an Explosion-Resistant Garbage Container for Public Places</i>	С.О. Федоряченко, І.М. Мацюк, В.С. Полюхович <i>Розробка вибухостійкого сміттевого контейнеру для громадських місць</i>	204

<i>O.V. Fedoskina, Y.V.Salomatina</i> <i>Innovative Model of Deck Electric Scooter</i>	<i>О.В. Федоскіна, Ю.В. Саломатина</i> <i>Інноваційна модель деки електросмокату</i>	210
--	--	------------

Applied Geometry, Engineering Graphics, Ergonomics, Life Safety
Прикладна геометрія, інженерна графіка, ергономіка і безпека життєдіяльності

<i>Denis Dovhal, Maria Kazakova</i> <i>The Task of Improving the Ergonomic Characteristics of Tailor's Scissors Solgern #8</i>	<i>Д.О. Довгаль, М.О. Казакова</i> <i>До питання щодо поліпшення ергономічних характеристик ножиць кравецьких «Solgern №8»</i>	215
--	--	------------

<i>Serhii Yevdokymov, Volodymyr Taranushchenko</i> <i>Prospects of Using a Conversion Neural Network to Prevent Traffic Accidents in a Popular Point</i>	<i>С. Євдокимов, В. Таранушченко</i> <i>Перспективи використання згортової нейронної мережі для запобігання ДТП в населеному пункті</i>	220
--	---	------------

<i>Tetiana Pismenkova, Tetiana Lisnycha</i> <i>Improving the Ergonomic Properties of the Gamepad for Mobile Gadgets</i>	<i>Т.О. Письменкова, Т.Є. Лісничка</i> <i>Удосконалення ергономічних властивостей геймпаду для мобільних гаджетів</i>	224
---	---	------------

<i>Dmytro Pustovoi</i> <i>Using the Autodesk Inventor Features During Distance Education of Students in Graphics Disciplines</i>	<i>Д.С. Пустовой</i> <i>Особливості використання Autodesk Inventor під час дистанційного навчання студентів графічним дисциплінам</i>	230
--	---	------------

Humanities Education Issues

Гуманитарные проблемы образования

Iryna Pochapska, Khrystofor-Yaroslav Khibyshyn <i>Problems Issues of Online Learning When Studying Safety Disciplines</i>	І.Я. Почапська, Х.-Я.Ю.Хлібишин <i>Проблемні питання он-лайн навчання при вивченні безпекових дисциплін</i>	235
Nataliia Furmanova, Oleksii Farafonov, Oleksandr Malyi <i>Teaching Technical Disciplines in English: Challenges and Solutions</i>	Н.І. Фурманова, О.Ю. Фарафонов, О.Ю. Малий <i>Досвід викладання технічних дисциплін англійською мовою: виклики і рішення</i>	239
<i>Authors Index</i>	<i>Авторський покажчик</i>	244
<i>About the Conference Organizers</i>	<i>Організатори конференції</i>	245

УДК 662.233.3

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ВИЇМКИ ВУГІЛЛЯ ВИБУРЮВАННЯМ В ТОНКИХ ПЛАСТАХ

Д.О. Довгаль

кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

Анотація. У роботі наведено математичну модель динамічних характеристик виконавчих органів буро-шнекових установок з використанням теорії динамічного гвинта. Запропонована модель є основою для розробки вдосконаленої методики розрахунку бурових органів, що дозволяє досягти зниження динамічної навантаженості корпусу та забезпечити стійку просторову орієнтацію у заданому напрямку.

Ключові слова: виїмка вугілля, буро-шнекова установка, виконавчий орган, буровий орган, динамічний гвинт

THEORETICAL FOUNDATIONS FOR OPTIMIZING THE EXECUTIVE BODIES PARAMETERS FOR COAL EXTRACTION BY BRUSHING IN THIN SEAM

Denys Dovhal

Ph.D., associate professor, Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

Abstract. The paper presents a mathematical model of the dynamic characteristics of the executive bodies of auger installations using the theory of a dynamic screw. The proposed model is the basis for the development of an improved method of calculating drilling bodies, which allows to achieve a reduction in the dynamic load of the hull and ensure a stable spatial orientation in a given direction.

Keywords: coal mining, auger installation, executive body, drilling body, dynamic screw

Вступ. В Україні розвідані запаси вугілля в надтонких і тонких пластах становлять не менше 5,8 млрд.т., що є дуже суттєвим енергетичним ресурсом. Збитковість більшості шахт України обумовлена тим, що виїмка вугілля з тонких пластів здійснюється дорогими сучасними механізованими комплексами, видобуток якими супроводжується, як правило, присічкою бічних порід покрівлі або ґрунту, що різко збільшує зольність вугілля, що видобувається.

Технологія бурошнекового видобутку вугілля є способом виходу на прибутковий рівень роботи більшості діючих і законсервованих шахт України, а також отримання додаткових обсягів енергетичного вугілля, видобуток якого на сьогодні ускладнений або неможливий [1].

Для такої технології видобутку можуть бути використані комбайни та буро-шнекові установки: КА80, КА200, УКД 200-400, К103М, МВ 444Р, «Вектор» та ін. (рис. 1).



Рис. 1. - Буро-шнекова установка “Вектор”

Виїмка вугілля вибурюванням у неоднорідних за структурою вугільних пластах виконавчими органами існуючих конструкцій, оснащених буровими коронками різних типів, характеризується високою динамічною навантаженістю, що проявляється у вигляді різких поштовхів та ударів по стінках свердловини. Це призводить до розбивання та відхилення свердловини від заданого напрямку, а в умовах викидонебезпечних пластів до провокування мікрОВикидів, прихвату та поломок бурового інструменту.

Мета роботи. Розробка математичної моделі для визначення динамічних характеристик бурового органу, що контактує з неоднорідним забійним масивом при бурінні свердловин під час видобутку вугілля з тонких пластів буро-шнековим способом.

Матеріал і результати дослідження. Необхідність забезпечення сталого руху бурового органу в заданому напрямку в умовах пластів неоднорідних за структурою та викидонебезпечних, висуває низку вимог до його конструкції:

- зниження динамічної навантаженості його корпусу;
- стійку просторову орієнтацію у заданому напрямі.

Поставлені вимоги можливі за умови виконання динамічного гвинта при його обертально-поступальному русі (рис. 2):

$$\vec{R}_0 \times \vec{M}_0 = 0, \quad (1)$$

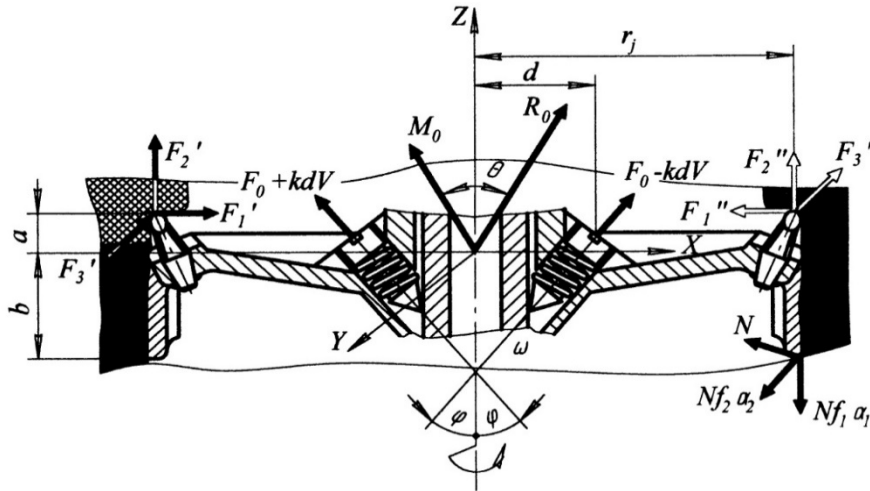


Рис. 2. - Буровий орган

Траєкторія руху бурового органу, що контактує з неоднорідним забійним масивом описується системою рівнянь:

$$\begin{cases} X_t = \frac{2}{3} \cdot L \cdot \frac{q_1}{w^2} \cdot \sin^2 \frac{w}{2} \cdot t + r \cdot \cos w_0 \cdot t; \\ Z_t = \frac{2}{3} \cdot L \cdot \frac{q_2}{w^2} \cdot \sin^2 \frac{w}{2} \cdot t + r \cdot \sin w_0 \cdot t, \end{cases} \quad (2)$$

де X_t, Z_t - поперечні переміщення бурового органу;

$$q_1 = \frac{X_F(L + 2 \cdot f \cdot r) + 2 \cdot Y_F \cdot l_{cp}}{c}, \quad q_2 = \frac{Z_F(L + 2 \cdot f \cdot r)}{c} - \text{узагальнені}$$

збуджуючі сили, кН·м;

$$c = I + m \cdot H^2 + 2 \cdot f \cdot r \cdot H \cdot m - \text{інерційна характеристика системи, кг·м}^2;$$

$w = c^{-1} \cdot (2 \cdot E \cdot I \cdot L^{-1} \cdot (1 + 2 \cdot f \cdot r \cdot L^{-1}) + 2 \cdot Y_F \cdot L - 2 \cdot G \cdot H)$ - власна частота коливань системи без урахування згасання, c^{-1} ;

$$L, l_{cp}, r, H - \text{параметри системи, м};$$

f - коефіцієнт тертя;

$$X_F, Y_F, Z_F - \text{відхиляючі сили на різцях бурового органу, кН};$$

$$w_0 - \text{частота обертання бурового ставу, } c^{-1}.$$

Перші доданки рівняння (2) визначають поперечні коливання корпусу, другі – його обертальний рух. Поздовжні коливання органу $y = f(x, z, t)$ отримуємо, використовуючи рівняння Лагранжа I роду:

$$m\ddot{x} = \sum P_x + \lambda_1 \frac{df_1}{dx} + \lambda_2 \frac{df_2}{dx}; \quad m\ddot{z} = \sum P_z + \lambda_1 \frac{df_1}{dz} + \lambda_2 \frac{df_2}{dz}; \quad m\ddot{y} = \sum P_y + \lambda_1 \frac{df_1}{dy} + \lambda_2 \frac{df_2}{dy}, \quad (3)$$

і рівняння в'язей бурового органу, що обертається по гвинтовій лінії:

$$f_1 = x_t - a_1 \cdot \sin^2 \frac{w}{2} \cdot t - r \cdot \cos ky; \quad f_2 = z_t - a_2 \cdot \sin^2 \frac{w}{2} \cdot t - r \cdot \sin ky, \quad (4)$$

де $a_1 = 2/3 \cdot L \cdot q_1 \cdot w^2$, $a_2 = 2/3 \cdot L \cdot q_2 \cdot w^2$, $k = w_0 / v$, λ_1, λ_2 - множники Лагранжа.

Часткові похідні лівих частин рівняння (4) дорівнюють

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_1}{\partial x} = 1; \quad \frac{\partial f_1}{\partial y} = r \cdot k \cdot \sin ky; \quad \frac{\partial f_1}{\partial z} = 0; \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial f_2}{\partial y} = -r \cdot k \cdot \cos ky; \quad \frac{\partial f_2}{\partial z} = 1, \end{aligned} \quad (5)$$

Після підстановки (5) у (3) та перетворень, отримаємо

$$m\ddot{y} = \sum P_y + (m\ddot{x} - \sum P_x) \cdot r \cdot k \cdot \sin ky - (m\ddot{z} - \sum P_z) \cdot r \cdot k \cdot \cos ky, \quad (6)$$

де $\sum P_y = P_{oe} - m \cdot g \cdot \cos \alpha$, $\sum P_x = m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot \cos w_0 \cdot t$, $\sum P_z = m \cdot g \times$
 $\times \sin \alpha \cdot \sin w_0 \cdot t$ - проекції активних сил на осі x, y, z , Н;
 α - кут нахилу свердловини до горизонту, град; P_{oc} - осьове навантаження, Н;

Для інтегрування рівняння (6) приєднаємо до нього рівняння в'язей (2). Взявши перші і другі похідні від них за часом

$$\begin{aligned} \ddot{x}(t) &= a_1 \cdot w^2 \cdot \cos w \cdot t - r \cdot k \cdot \ddot{y} \cdot \sin ky - r \cdot k^2 \cdot y^2 \cdot \cos ky; \\ \ddot{z}(t) &= a_2 \cdot w^2 \cdot \cos w \cdot t + r \cdot k \cdot \ddot{y} \cdot \cos ky - r \cdot k^2 \cdot y^2 \cdot \sin ky, \end{aligned} \quad (7)$$

Та підставляючи їх значення $\ddot{x}(t)$ і $\ddot{y}(t)$ у (6) після перетворень отримаємо диференціальне рівняння поздовжніх коливань бурового органу

$$\begin{aligned} \ddot{y}(t) &= \frac{1}{m(1+r^2k^2)} \left[\sum P_y + r \cdot k \cdot (\sum P_z \cdot \cos ky - \sum P_x \cdot \sin ky) + \right. \\ &\left. + m \cdot w^2 \cdot r \cdot k (a_1 \cdot \cos w \cdot t \cdot \sin ky - a_2 \cdot \cos w \cdot t \cdot \cos ky) \right], \end{aligned} \quad (8)$$

У початковий момент часу буровий орган знаходиться у стані спокою, тобто при $t = 0$, $y_t = 0$ і $\dot{y}_t = 0$, тому проінтегрувавши двічі (8) з урахуванням знайдених констант функція поздовжніх коливань бурового органу матиме вигляд

$$y_t = \frac{1}{m(1+r^2k^2)} \left[\frac{\sum P_y t^2}{2} - \frac{\sum P_x \cdot r \cdot \cos w \cdot t}{k} + \frac{\sum P_x \cdot r \cdot \sin w \cdot t}{k} + \frac{w^2 \cdot r \cdot k}{2} \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{-a_1 \cdot \sin(w+w_0)t}{(w+w_0)^2} - \frac{-a_1 \cdot \sin(w-w_0)t}{(w-w_0)^2} + \frac{a_2 \cdot \cos(w+w_0)t}{(w+w_0)^2} + \frac{a_2 \cdot \cos(w-w_0)t}{(w-w_0)^2} \right) \right] + \quad (9) \\ + \left(\frac{\sum P_x \cdot r}{m(1+r^2k^2)} - \frac{a_1 \cdot w \cdot w_0^2 \cdot r \cdot k}{2m(1+r^2)(w^2-w_0^2)} \right) t + \left(\frac{\sum P_z \cdot r}{m \cdot k(1+r^2k^2)} - \frac{a_2 \cdot w^2 \cdot r \cdot k(w^2+w_0^2)}{m(1+r^2k^2)(w^2-w_0^2)^2} \right) t$$

Сукупність рівнянь (2) і (9) визначає рух корпусу бурового органу по гвинтовій траєкторії.

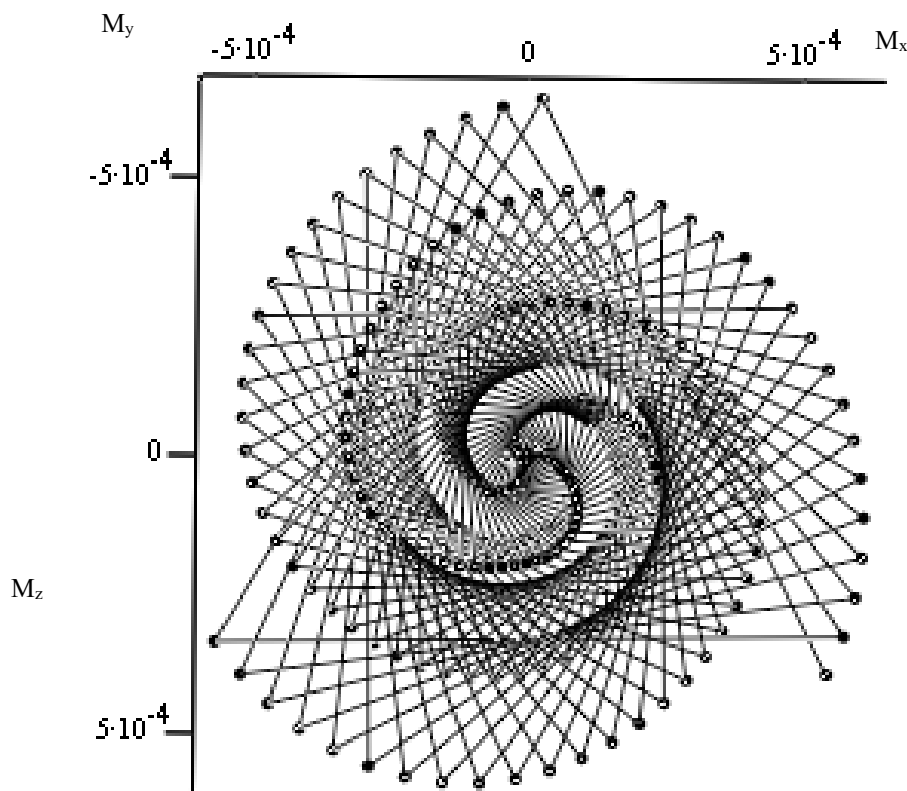
Реакції бурового органу, який знаходиться у контакті із вибоєм свердловини

$$R_{y_t} = m\ddot{x}_t - \sum P_x; \quad R_{y_t} = (m\ddot{x}_t - \sum P_x)r \cdot k \cdot \sin w_0 t - (m\ddot{z}_t - \sum P_z)r \cdot k \cdot \cos w_0 t; \quad (10) \\ R_{z_t} = m\ddot{z}_t - \sum P_z,$$

Момент сил реакції бурового органу відносно осей x, y, z

$$M_{x_t} = y_t R_{z_t} - z_t R_{y_t}; \quad M_{y_t} = z_t R_{x_t} - x_t R_{z_t}; \quad M_{z_t} = x_t R_{y_t} - y_t R_{x_t}, \quad (11)$$

Розподіл моментів і реакцій бурового органу при бурінні неоднорідного масиву наведено на рис. 3, 4.



Рису. 3. - Розподіл моментів бурового органу у сталому режимі

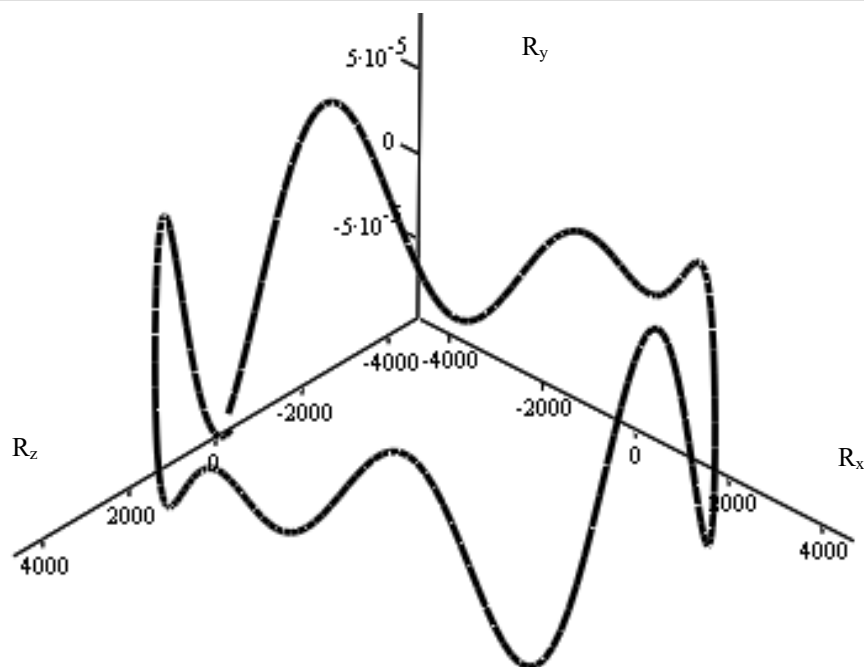


Рис. 4. - Осциляція реакцій упродовж одного обороту бурового органу

Висновок. Наведений підхід до розрахунку динамічних характеристик бурових органів з використанням теорії динамічного гвинта є всеосяжним і може бути широко використаний для оптимізації параметрів, вдосконалення існуючих та створення нових конструкцій бурових органів гірничо-видобувної техніки. Удосконалення методики розрахунку на основі запропонованої математичної моделі дасть можливість покращити експлуатаційні показники потокової безлюдної виїмки вугілля з тонких і надтонких пластів.

ЛІТЕРАТУРА

1. А. С. Громадский. Исследования вертикальных колебаний станка СБШ-250 с канатно-полиспастным механизмом подачи бурового инструмента // Громадский А. С., Горбачов Ю. Г., Громадский В. А. / Вісник Криворізького національного університету, вип. 33, 2012. – С. 180-183.
2. Зборщик М. П., Хныкин Л. М., Воробьев Е. А. Совершенствование исполнительных органов для выемки угля выбуриванием в выбросоопасных пластах. – Изв. Донецкого горного института, 2001. № 1. – с. 93-95.
3. Хныкин Л.М., Редко А.Ю., Довгаль Д.Л. К вопросу определения параметров буровых органов с использованием теории динамического винта / Матеріали науково-практичної конференції ДННІ Науки, 2005.- С. 14-17.

УДК 622.2+658.5:519.1.51-3

ЗАСТОСУВАННЯ АНР МЕТОДУ ДЛЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО ОЧИСНОГО КОМБАЙНУ

А.О. Хорольський¹

¹в.о. завідувача лабораторії проблем розробки родовищ, e-mail: andreykh918@gmail.com

¹Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро, Україна

Анотація. В роботі наведено результати дослідження із обґрунтування параметрів механізованого видобутку вугілля. Проведено аналіз альтернатив та визначено пріоритетні керуючі фактори при виборі очисного комбайну.

Ключові слова: АНР метод, критерій, альтернатива, вибір, технологія.

APPLICATION OF THE AHP METHOD FOR CHOOSING A RATIONAL SHEARER

Andrii Khorolskyi¹

¹Head of the Department of Field Development Problems, Branch for Physics of Mining Processes of the M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics the NAS of Ukraine, Dnipro, Ukraine, e-mail: andreykh918@gmail.com

Abstract. The paper presents the results of research on the substantiation of the parameters of mechanized coal mining. An analysis of alternatives was carried out and priority control factors were determined when choosing a shearer.

Keywords: AHP method, criterion, alternative, choice, technology.

Вступ. Станом на початок 2023 р. основним інструментом підвищення навантаження на очисний вибій є заміна обладнання іноземними аналогами або вітчизняним обладнанням зі значно більшою вартістю, однак на практиці відбувається несуттєве збільшення продуктивності при суттєвому зростанні собівартості [1, 2]. Існує ряд підходів до вибору обладнання, які умовно можна розділити на три групи:

1) На основі аналізу та послідууючої раціоналізації конструктивних або технологічних параметрів [3, 4, 5]. У якості основного критерію виступають конструктивні (наприклад: потужність приводу електродвигуна; система переміщення; питомі енерговитрати на процес руйнування гірського масиву, тощо) або технологічні параметри (коефіцієнт готовності обладнання, коефіцієнт машинного часу, тощо). Порівнюючи обладнання за цими параметрами обирають найбільш раціональний тип очисного обладнання.

Але існує ряд обмежень у цій групі підходів: слід аналізувати також взаємозв'язок з геомеханічними параметрами масиву, рівень організації робіт, та і взагалі, вибір і раціоналізація параметрів очисного комбайну в структурі технологічного ланцюжку «кріплення-комбайн-конвеєр» не призводить до підвищення ефективності роботи очисного вибою [6].

2) На основі аналізу та обґрунтування геомеханічних параметрів. Це досить широка група підходів [7, 8, 9], коли можуть аналізуватись геомеханічні параметри масиву гірських порід (зсув, тріщинуватість, обвалення порід покрівлі, фільтрація, водонасичення, тощо) в залежності від типу обладнання, швидкості посування лінії очисного вибою. Основна задача полягає у виборі такого засобу механізації, який дозволить забезпечити раціональні параметри технології механізованого видобутку при заданих гірничо-геологічних та гірничо-технічних умовах. Але, не завжди прийняте рішення буде оптимальним. Критерієм оптимальності може виступати: собівартість видобутку, часові витрати, комплексність використання надр, мінімізація негативного впливу на довкілля, тощо.

3) На основі економетричних підходів, що передбачає застосування статистичних та математичних моделей та задач [10, 11]. На практиці, це побудова кореляційних моделей [12], обґрунтування вибору обладнання з позиції забезпечення раціонального обсягу вилучення корисної копалини [13], врахування невизначеності для мінімізації ризиків [14], застосування стохастичних моделей для прогнозування показників роботи очисного вибою [15]. Це досить дієві інструменти, проте отримане значення є найбільш оптимальним (за заданим параметром: собівартість, часові витрати, продуктивність, тощо), проте не завжди якісним.

Із проведеного аналізу праць [3–15] можна виділити проблему обґрунтування параметрів (гірничо-геологічні умови, обладнання, собівартість сировини, тощо) механізованого видобутку на основі оцінки рівня взаємозв'язку в складі механізовано комплексу.

Застосування АНР методу (МАІ – методу аналізу ієрархій) [16] дозволяє оцінити ступінь впливу параметрів та загальну ефективність технології та обрати найбільш раціональну. Ідея полягає у застосуванні декомпозиційного підходу, коли на кожному рівні обирається один пріоритетний керуючий фактор [17]. Раціоналізація цього параметру сприяє підвищенню ефективності усього процесу.

Мета роботи полягає в аналізі параметрів вибору очисних комбайнів та обґрунтуванні засобів механізації очисного вибою. Для досягнення поставленої мети слід провести попарне порівняння альтернатив, визначити пріоритетні керуючі фактори та глобальні пріоритети. В результаті буде запропоновано засіб механізації очисного вибою для заданих гірничо-

геологічних умов. На основі розробленого автором методу [18] та програмного забезпечення [19] буде запропоновано оптимальну структуру технологічного ланцюжку механізованого комплексу для умов Західного Донбасу.

Матеріал і результат досліджень. У якості об'єкту дослідження було обрано параметри очисного вибою пласта С₆ шахти «Степова» ПрАТ ДТЕК «Павлоградвугілля». Задача полягала у виборі очисного комбайну для виймання вугілля. У відповідності до методики [16] процедура обґрунтування полягала у наступному: спочатку необхідно було порівняти попарно параметри між собою (це дозволить визначити пріоритетний керуючий параметр); після цього порівняти кожну альтернативу попарно за кожним із параметрів; після цього можна визначити раціональну альтернативу обладнання для визначеного набору параметрів.

В якості характеристик, які порівнюються між собою для типів очисних комбайнів прийнято: вартість обладнання, вартість технічного обслуговування (на основі даних [20]), витрати пов'язані з експлуатацією обладнання (люди, часові витрати – на основі даних [21]), потужність приводу – досить важлива характеристика, так як визначає ефективність процесу виймання вугілля (на основі даних [22]), комплектація – визначає ергономічні показники, а також сервісне обслуговування. У якості обладнання за кожною з характеристик порівнювались між собою очисні комбайни різних технологічних рівнів МВ-410Е, КДК500, УКД400, 1К101, КА80. Альтернатива обладнання з найбільшим глобальним вектором пріоритетів виявиться найбільш раціональною для вказаного набору параметрів.

Обладнання за кожною з характеристик порівнювалось між собою. В табл. 1 наведено вихідні дані до вибору обладнання.

Таблиця 1 – Вихідні дані до вибору очисного комбайну

Мета:	Вибір комбайну			
Критерії:			Шкала відносної важливості:	
1	ціна очисного комбайну		Інтенсивність відносної важливості	Визначення
2	вартість тех. обслуговування			
3	витрата			
4	потужність			
5	комплектація			
			1	рівна важливість

альтернативи			3	помірна перевага одного над іншим
1	MB-410E		5	істотна перевага
2	ҚДК500			
3	УҚД400		7	значна перевага
4	1K101			
5	KA80		9	дуже сильне перевага
			2, 4, 6, 8	проміжне рішення між двома сусідніми судженнями
Розмір матриці		5		
Випадкова узгодженість		1,12		

Спочатку було розраховано узгодженість між критеріями (Рис. 1).

Критерій	Вартість	Вартість ГО	Витрати	Потужність	Комплектація		Нормалізовані оцінки вектору пріоритетів			
Вартість	1	3	5	3	5	2,954177	0,45287		0,935931	
Вартість ГО	1/3	1	5	3	3	1,718772	0,263485		1-2/7	
Витрати	1/5	1/5	1	1/3	1	0,421685	0,064643		1	
Потужність	1/3	1/3	3	1	2	0,922108	0,141357		1-1/9	
Комплектація	1/5	1/3	1	1/2	1	0,506496	0,077645		1	
Сума	2,066667	4-6/7	15	7-5/6	12	6,523237			5,226912	max
									IC=	0,056728
Величина ВС повинна бути близько 10% або менше, щоб бути прийнятною. У деяких випадках допускається ВС до 20%, але не більше, інакше треба перевірити свої судження.										
Відношення согласованості (BC) =		5,06%								

Рис. 1. – Результати визначення узгодженості між критеріями

Із рис. 1 видно, що узгодженість між критеріями становить 5% це прийнятне значення. При значенні узгодженості менше 10% вважається, що запропоновані критерії не містять суб'єктивних оцінок.

Після цього було проведено порівняння кожної альтернативи обладнання за кожним параметром (Рис. 2).

В результаті попарного порівняння альтернатив обладнання за усіма п'ятьма параметрами було визначено оптимальний тип очисного комбайну (табл. 2).

№	МВ-410Е	КДК500	УКД400	1К101	КА80	№	Нормалізовані оцінки вектору пріоритетів	№	№	№
МВ-410Е	1	3	2	3	2	2,047673	0,365544	0,974784		
КДК500	1/3	1	2	1	3	1,148698	0,205062	1-1/5		
УКД400	1/2	1/2	1	2	3	1,084472	0,193596	1-1/8		
1К101	1/3	1	1/2	1	3	0,870551	0,155408	1-1/7		
КА80	1/2	1/3	1/3	1/3	1	0,45032	0,08039	1		
Сума	2,666667	5-5/6	5-5/6	7-1/3	12	5,601713		5,404626	max	yo
№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
№	№	№	№	№	№	№	№	IC=	0,101156	№
Величина ВС повинна бути близько 10% або менше, щоб бути прийнятною. У деяких випадках допускається ВС до 20%, але не більше, інакше треба перевірити свої судження.							№	№	№	№
Відношення согласованості (ВС)=			9,03%			№	№	№	№	№

Рис. 2. – Приклад порівняння альтернатив очисного комбайну за параметром «вартість технічного обслуговування»

Таблиця 2 – Результати з обґрунтування параметрів механізованого видобутку вугілля (вибір очисного комбайну)

Комбайн	Критерії					Глобальні пріоритети
	1	2	3	4	5	
	чисельне значення вектору					
	0,452	0,263	0,064	0,141	0,077	
МВ410Е	0,224	0,049	0,063	0,063	0,253	0,148
КДК500	0,237	0,095	0,178	0,178	0,253	0,189
УКД400	0,251	0,161	0,507	0,507	0,192	0,276
1К101	0,183	0,164	0,121	0,122	0,192	0,166
КА80	0,102	0,529	0,129	0,129	0,110	0,221

1 – вартість обладнання, 2 – вартість технічного обслуговування, 3 – часові витрати, 4 – потужність на руйнування, 5 – комплектація (ергономіка)

Альтернатива обладнання з найбільшим глобальним вектором пріоритетів виявиться найбільш раціональною для вказаного набору параметрів.

Із проведеного аналізу слідує, що оптимальною буде структура, яка складається із комбайну УКД400.

Для вибору обладнання необхідно скористатись «Програмою вибору оптимальних комплектацій очисного обладнання», що розроблена автоматом вказаної роботи (рис. 3).

Механізоване кріплення:

Технічні характеристики			
потужність, м	0,85-1,20	кут за пад., град.	10
крок перес., м	1,35	кут пр., град.	35
висота, м	0,56-1,20	крок установки, м	0,63; 0,80
		опір, кН/м	500
		наса, т	5,2

Скребок конвеєр:

Технічні характеристики			
нахил довжина, м	200	пікова продуктивність, т/год.	516
швидкість ланцюгу, м/сек.	1,00	потужність приводу, кВт	320
кут за падінням, град.	10	кут за простиранням, град.	35

Кріплення механізоване КД80 - призначене для механізації процесів підтримки та управління покрівлею в привибійному просторі лави при відпрацюванні пластів потужністю 0,85 - 1,2 м.

Скребок конвеєр СП26 - потужний пересувний шахтний конвеєр. Призначений для роботи в складі гірничодобувних комплексів для доставки вугілля, горючого сланцю, калійних руд з очисних вибоїв, які відпрацьовуються по простяганню при потужності пластів не менше 0,80 м і кутах падіння до 35 ° при доставці вниз, а також відпрацьовуються за востанням або падінням з кутами залягання пластів до 10 ° в шахтах будь-якої категорії небезпеки за газом та пилом. Працює в вибоєх обладнаних механізованими комплексами ІМКД80, ІМКД90, 2МКД90, 2МКД90Т, ІМКДД, МДМ з очисними комбайнами типу КА80, КА200, ІК101У, ІК101УД, ІК103М.

Рис. 3. – Робоче вікно програми вибору оптимальних комплектацій очисного обладнання («CountsCEM.v1.p2.6_c25»)

Необхідно зазначити, що залежно від виймальної потужності пласта можуть бути запропоновані різні комплектації очисного обладнання. Попередньо обираємо виймальний комплекс МДМ, адже у нього найбільші показники продуктивності для заданих значень параметрів: потужності пласта, довжини очисного вибою (рис. 4).

Вказаний комплекс включає механізоване кріплення ДМ, а також може бути укомплектований різними типами комбайнів і конвеєрів. До основних вимог віднесені: наявність запропонованого обладнання на підприємстві; наявність ремонтного фонду гірничошахтного обладнання та досвіду його експлуатації; низька зольність вугілля; наявність серійного виробництва; шнековий тип виконавчого органу; взаємодія з конвеєром. Пошук оптимальної комплектації зручно проводити на основі порівняння компле-

ктацій, тобто необхідно визначити значення оптимізаційного параметру для кожної комплектації, а потім представити альтернативи у вигляді мережевої моделі [19].

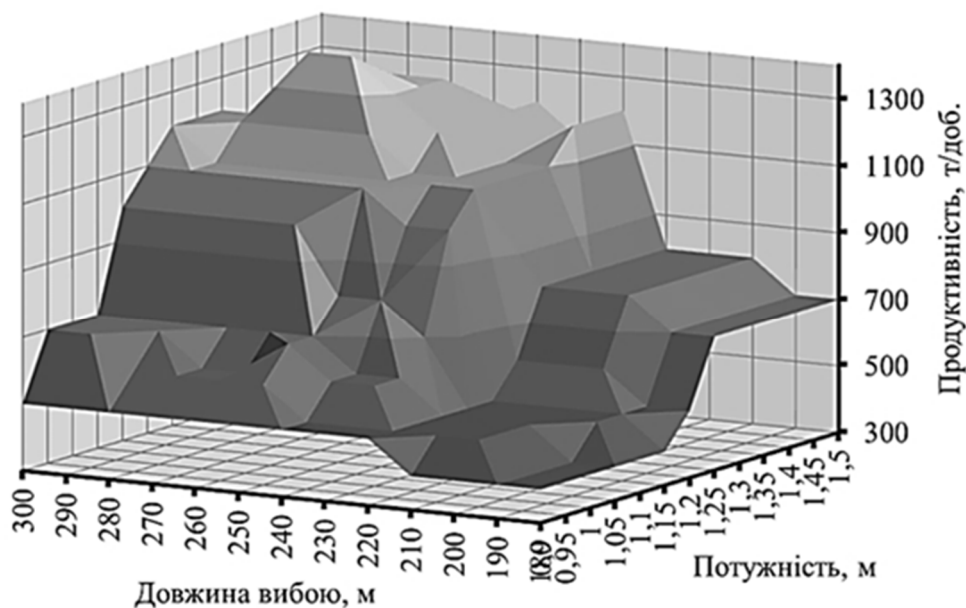


Рис. 4. – Залежність продуктивності механізованого комплексу МДМ від потужності та довжини очисного вибою

За допомогою алгоритмів оптимізації на мережах і графах [23, 24] можна знайти найкоротший маршрут, що відповідає оптимальному рішенняю [25].

На основі проведеного аналізу, для вказаних технологічних схем, було обрано наступну комплектацію механізованого комплексу «механізоване кріплення МДМ – очисний комбайн УКД400 – скребковий конвеєр СП326». Вказаний технологічний ланцюг відповідає усім вимогам, а також є найбільш оптимальним з точки зору питомої собівартості видобутку, окрім цього, може застосовуватись за умов довжини очисного вибою понад 300 м, що значно мінімізує вірогідність виникнення раптового викиду вугілля та газу.

На основі аналізу альтернатив було визначено, що в існуючих реаліях господарської діяльності на перше місце вийшов параметр «вартість обладнання» - це пояснюється тим, що для умов Західного Донбасу набір гірничо-геологічних параметрів порівняно невеликий (потужність пласта 0,8-1,2 м, категорія порід покрівлі за обваленням: легко та середньообвалювані; гірничо-геологічні умови по узагальненому показнику: легкі та середньої складності), тому на перше місце виходять фактори пов'язані із економічними показниками. Зважаючи на істотну різницю у вартості придбання іно-

земних та вітчизняних аналогів, а також враховуючи вірогідність виникнення «виробничої аритмії» (у закордонних аналогів вона складає 140-150 днів, у вітчизняних – 30-40 днів) – явища, коли обладнання виходить із ладу та неможливо його відремонтувати і постає необхідність комплектації [26], визначена альтернатива є раціональною.

Висновки. В наведеній роботі, вперше запропоновано обґрунтувати структуру видобувного комплексу на основі методу аналізу ієрархій та подальшою оптимізацією на основі застосування графів та мережевих моделей, що дозволяє обрати і визначити область механізованої видобутку вугілля з заданими параметрами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хорольський А. О., Гриньов В. Г. Оцінка і вибір параметрів при розробці родовищ корисних копалин. Физико-технические проблемы горного производства. - 2020. - №22. - С. 118-140. <https://doi.org/10.37101/ftpgp22.01.009>
2. Хорольський А. О., Гриньов В. Г. Системні принципи та оціночний критерій надійності при оптимізації технологічних схем вугільних родовищ. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". 2017. – Вип. 1(2 (80)). – С. 225-233. [https://doi.org/10.26642/tn-2017-2\(80\)-225-233](https://doi.org/10.26642/tn-2017-2(80)-225-233).
3. Chobotko I.I., Tynyna S.V. Results of the study of suspensions with the use of sodium group mixtures in the treatment of coal mining waste // 5th International scientific and technical conference «Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources». – 2022. – pp. 64-66.
4. Gospodarczyk P. Modeling and simulation of coal loading by cutting drum in flat seams //Archives of Mining Sciences. – 2016. – Т. 61. – №. 2. – С. 365-379.
5. Si L. et al. Identification of shearer cutting patterns using vibration signals based on a least squares support vector machine with an improved fruit fly optimization algorithm //Sensors. – 2016. – Т. 16. – №. 1. – С. 90.
6. Хорольський А. А., Гринев В. Г. Исследование структуры горно-шахтного оборудования с применением графов и сетевых моделей //Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. – 2017. – №. 4. – С. 72-81.
7. Malashkevych D. et al. Integrated evaluation of the worked-out area partial backfill effect of stress-strain state of coal-bearing rock mass //Solid State Phenomena. – Trans Tech Publications Ltd, 2018. – Т. 277. – С. 213-220.
8. Wang D. et al. Experimental Study of Multiple Physical Properties of Tectonic Coal near a Minor Fault: Implications for Coal and Gas Outburst //Energy & Fuels. – 2023.
9. Василенко Т. А. и др. Динамика трещиновато-пористой структуры угля и ее влияние на кинетику массопереноса метана в углепородном массиве //Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2016. – №. 1. – С. 81-89.
10. Гринев В. Г., Череповский П. В., Деуленко А. И. Инновационные перспективы эксплуатации угольных пластов крутого падения //Днепропетровск: видавництво «Пороги. – 2015. – 180 с.

11. Грінюв В. Г., Хорольський А. О. Дослідження основ технології оптимального проектування раціонального користування родовищами цінних копалин // Мінеральні ресурси України. 2020. – Вип. 2. С. – 19-24. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.19-24>.
12. Гринев В. Г. Графы и сети для выбора горно-шахтного оборудования //Дніпро: Пороги. – 2016. – 246 с.
13. Грінюв В. Г., Хорольський А. О. Визначення раціонального обсягу вилучення корисних копалин із надр: маржинальний підхід // Економіка промисловості. – 2020. – Вип. 3(91). – С. 82-95.
14. Гринев В. Г., Череповский П. В., Николаев П. П. Обоснование рациональных параметров добычи угля на шахтах с крутым падением пластов //Физико-технические проблемы горного производства. – 2010. – Вип. №13. – С. 142 – 149.
15. Ma Y.K., Nie B.S., He X.Q., Li X.C., Meng J.Q., Song D.Z. Mechanism investigation on coal and gas outburst: an overview. International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials. – 2020. – Vol. 27(7). – pp. 872–887.
16. Saaty, T., Shang, J. An innovative orders – of-magnitude approach to AHP-based Mutli-criteria decision making: Prioritizing divergent intangible humane acts. European Journal of Operational Research, 2011, 214(3), 703–715.
17. Ataei, M.; Jamshidi, M.; Sereshki, F., & Jalali I. S.M.E. Mining method selection by AHP approach. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2008, 108(12), 741–749.
18. Hrinov V., Khorolskyi A. Improving the process of coal extraction based on the parameter optimization of mining equipment //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 60. – С. 00017.
19. Грінюв В. Г., Хорольський А. О. Визначення доцільності відпрацювання родовищ на стадії передпроектних досліджень раціональної стратегії їх освоєння //Мінеральні ресурси України. – 2022. – №. 2. – С. 12-17.
20. Brazil M., Thomas D.A., Weng J.F., Lee D.H. and Rubinstein J.H Cost optimization for underground mining networks. Optimizat Eng, 2005, 6, 241–256.
21. Bascetin A., Oztas O., Kanli A. EQS: a computer software using fuzzy logic for equipment selection in mining engineering. The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy. 2006, 106, 63–70.
22. Nazimko, V., Illiashov, M., Youshkov, E. Computer-aided multy-object distribution system for prompt project management. Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining, 2014, 53.
23. Грінюв В.Г., Хорольський А.О. Оптимальне проектування параметрів гірничозбагачувальних підприємств для раціонального освоєння цінних родовищ України // Физико-технические проблемы горного производства. Физико-технические проблемы горного производства. – 2019. – №21. – С. 128–145.
24. Broumi S., Bakal A., Talea M., Smarandache F., Vladareanu L. Applying Dijkstra algorithm for solving neutrosophic shortest path problem. In 2016 International conference on advanced mechatronic systems (ICAMechS). – 2016. – pp. 412–416.
25. Jin C., Liu Q., Miryoosefi S. Bellman eluder dimension: New rich classes of rl problems, and sample-efficient algorithms. Advances in neural information processing systems. – 2021. – Vol. 34. – pp. 13406–13418.
26. Khorolskyi A. et al. Development and implementation of technical and economic model of the potential of operation schedules of coal mines //ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2021. – Т. 16. – №. 18. – С. 1890-1899.

УДК 674.02

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ШИПОВИХ З'ЄДНАНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ВИРОБІВ З ДЕРЕВА

Д.А. Білий¹, Н.О. Ротт²

¹ студент групи 132-19-2, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: bilyi.d.a@nmu.one

²к.т.н., доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: rott.n.o@nmu.one

Анотація. У роботі розглядаються та перевіряються шипові з'єднання при проектуванні та будівництві дерев'яної меблі. Проводиться функціональний аналіз та аналіз напружень з'єднань у Autodesk Inventor.

Ключові слова: з'єднання, дерево, моделювання, аналіз, Inventor, Autodesk

ANALYSIS OF THE USE OF TENON JOINTS IN THE DESIGN OF WOOD PRODUCTS

D.A. Bilyi¹, N.O. Rott²

¹Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, email: bilyi.d.a@nmu.one

²Ph.D., Associate Professor, Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: rott.n.o@nmu.one

Abstract. The paper considers and checks tenon joints in the design and construction of wooden furniture. The functional and stress analysis of joints in Autodesk Inventor is carried out.

Keywords: joints, wood, modeling, analysis, Inventor, Autodesk

Вступ. На даний момент виробництво дерев'яних виробів спрямовано більше на меблевий сектор. При проектуванні виробів з дерева одним з важливих етапів є вибір з'єднань, які забезпечують міцність та стабільність виробу. Шипові з'єднання використовуються для фіксації деталей між собою без використання різьбових, заклепкових і зварних з'єднань. Беруть на себе навантаження як динамічні, так і статичні. Мають складний шлях виробництва, але володіють покращеними технічними, експлуатаційними та візуальними характеристиками.

Мета роботи. Проаналізувати вимоги, переваги, недоліки з'єднань. Провести функціональний аналіз. Розрахувати умовні технічні характеристики з'єднань, види навантажень та експлуатаційну і виробничу ліквідність виробу.

Матеріал та функціональний аналіз. У відповідності до призначення з'єднань змінюються їх варіації і вимоги до експлуатаційних властивостей. Виробом для аналітичних розрахунків було обрано полоторне ліжко, виготовлене з дуба. Навантаження, прикладені до виробу, обумовлені експлуатаційними особливостями, а саме використанням ліжка людиною.

Поміж шипових з'єднань можна виділити шість, які представлені на рисунку 1.



Рис. 1. – Різновиди шипових з'єднань

Для застосування з'єднань у виробі був проведений функціональний аналіз деталей виробу, з метою вибору типу з'єднання, яке буде відповідати необхідним технічним умовам.

Виходячи з функціонального аналізу (табл. 1) можна зробити висновок, що основні частини, які переймають на себе навантаження є бруси і фанера.

Аналіз та вибір типів з'єднань. Рамки з брусків невеликих розмірів та з невеликою міцністю мають одинарні кутові шипові з'єднання. Більш міцним вважається подвійне кутове шипове з'єднання, але його доцільніше застосовувати в широких деталях.

Серединне з'єднання використовують під час з'єднання деталей у конструкцію з проміжними деталями.

Більш простим у виконанні вважається кутове або серединне з'єднання на вставних шипах, які вставляють в отвори в обох деталях. Вставні шипи можуть бути різними за формою: круглі, плоскі тощо.

Ящикові з'єднання мають багато дрібних шипів та виконуються на широких деталях малої товщини.

Таблиця. 1. – Функціональний аналіз деталей ліжка

Деталь	Функція	Виконання
Шпалери (бокові стінки)	забезпечення підтримки та стабільності ліжка	шпалери кріпляться до опори за допомогою шипових з'єднань
Бруси	підтримка фанери	бруси кріпляться до шпалер, що забезпечує підтримку фанери
Фанера	підтримка матрацу	фанера кріпляться до шпалер, що забезпечує підтримку матрацу та забезпечує рівномірний розподіл ваги на всю конструкцію ліжка
Опори (ніжки)	з'єднання всіх компонентів ліжка між собою	опори забезпечуються за допомогою ніжок, які кріпляться до шпалер; опори дозволяють зменшити навантаження на шпалери та забезпечити рівномірне розподілення ваги на підлозі.
Кріплення	забезпечення стійкості та підтримки ліжка на підлозі	кріплення здійснюються за допомогою шипових з'єднань; з'єднання забезпечують міцність та стабільність конструкції, а також дозволяють збирати та розбирати ліжко без використання додаткових інструментів.

Грунтуючись на вище викладену інформацію обрано такі з'єднання: Для шпалер та опори (ніжок) – ящикові з'єднання (використовуватись буде

аналог – «ластівчин хвіст»), оскільки площа контакту цих деталей досить широка, а саме з'єднання гарантує щільний та ціпкий контакт. Для серединної балки – одинарне серединне з'єднання, оскільки ця балка кріпиться з обох боків, та через особливості проектування інші з'єднання були б недоцільними.

Для бічних балок – з'єднання зі вставними шипами, на відміну від серединної балки, бічні приймають на себе менші навантаження та їх площа контакту зі шпалерами значно більша, що дозволяє спроектувати більш надійну конструкцію завдяки збільшеній кількості шипів.

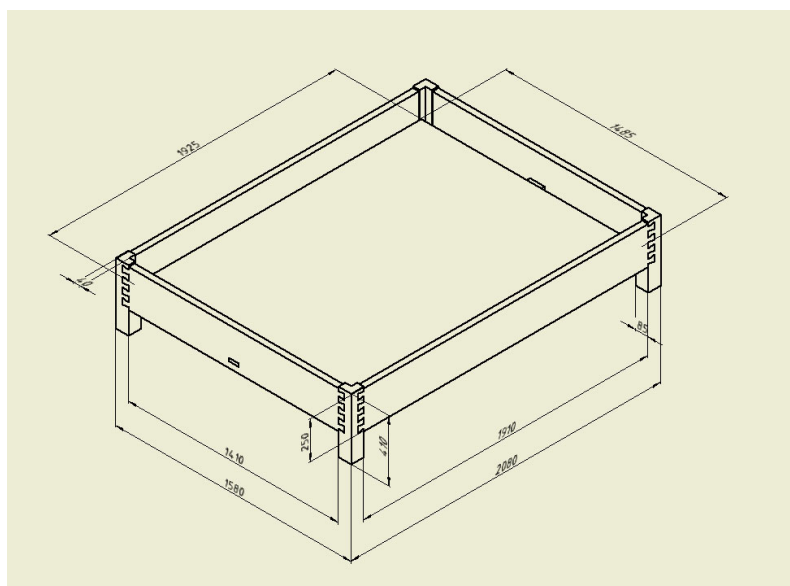


Рис.2. – Розрахунок навантажень. Першочерговий ескіз виробу.

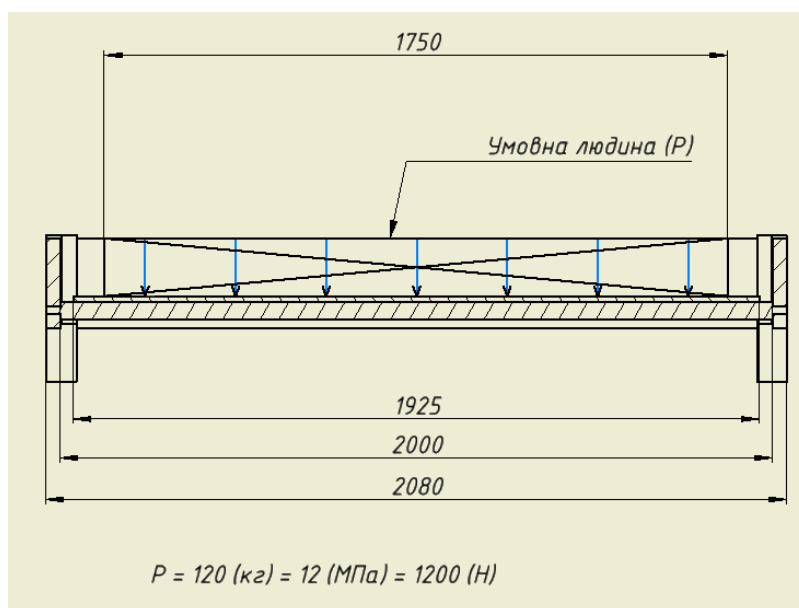


Рис.3. – Зображення навантажень

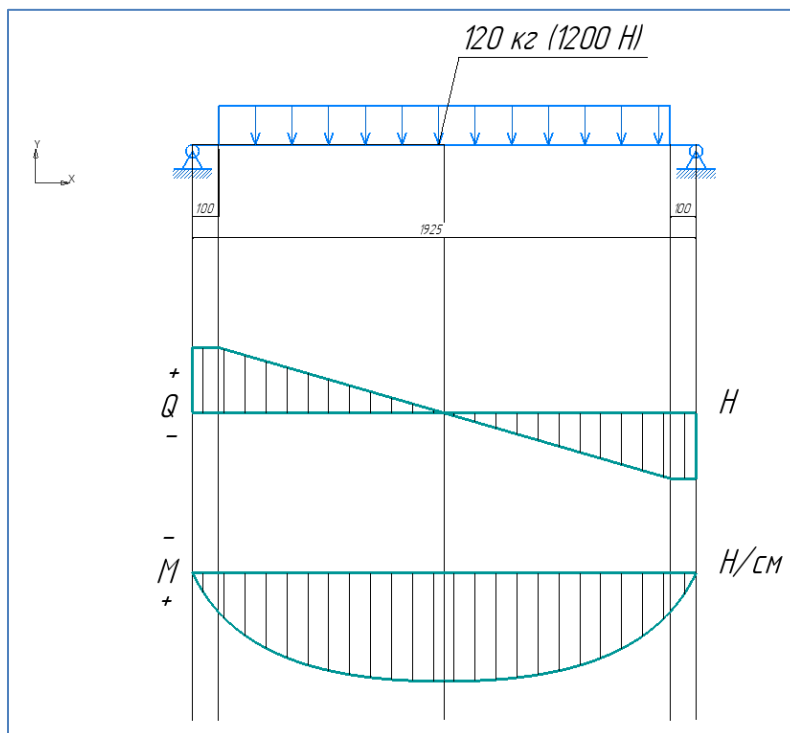


Рис.4. – Схематичне зображення епюри моментів сил

При подальшому розрахуванні потрібно зазначити параметри міцності матеріалу, за якими буде проведене розрахування.

Таблиця 2. – Властивості матеріалу

	Деревина (Дуб)
Щільність	0,760 г/см ³
Модуль Юнга	15400,000 МПа
Коефіцієнт Пуассона	0,43
Межа плинності	46,600 МПа
Межа міцності розтягування	123,000 МПа

Розрахування проводили методом скінченних елементів у Autodesk Inventor.

Встановлення діючих навантажень.

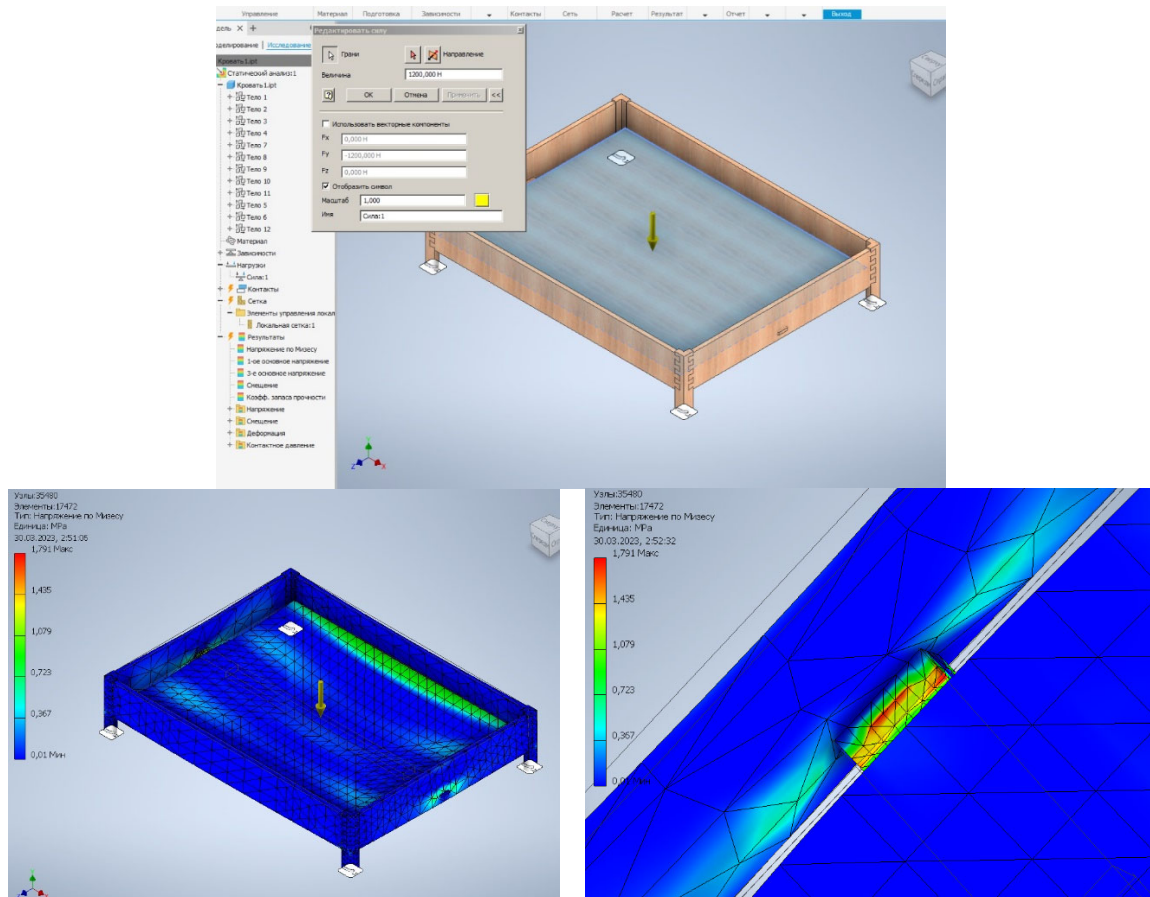


Рис.5. – Напруження по Мізесу:

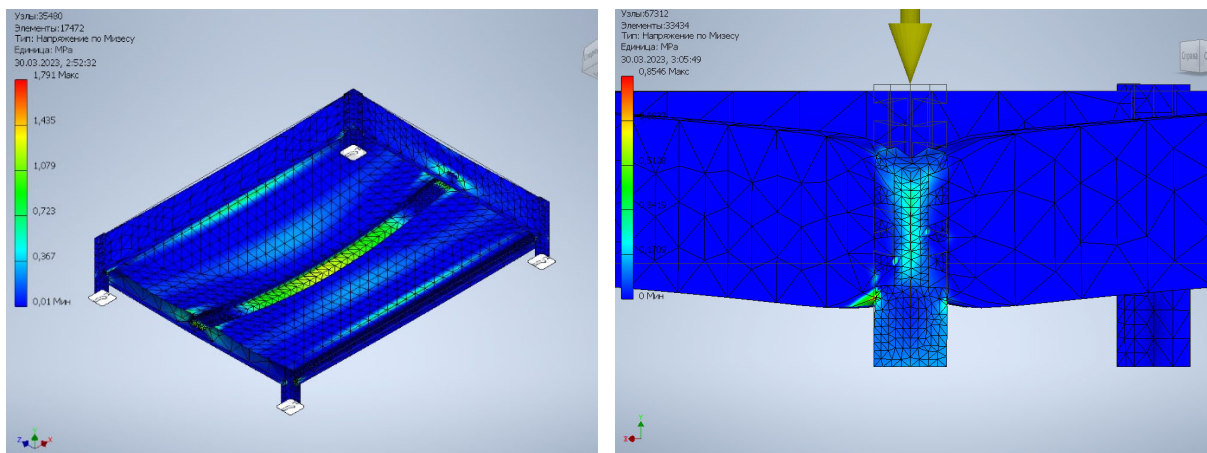


Рис.6. – Навантаження на ніжки ліжка

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновки, що:

- Максимальні навантаження не перевищують 2 МПа, що є гарним показником, який говорить про добрий опір навантаженням
- Відсутність значимого зсуву
- З'єднання мають достатній коефіцієнт запасу міцності.

Висновки. Використання нестандартних з'єднань може забезпечити більш міцну та стійку конструкцію ліжка, оскільки ці з'єднання можуть забезпечити більш тісне та точне з'єднання компонентів між собою.

Використання нестандартних з'єднань типу «ластівчин хвіст» може додати оригінальності та естетичної привабливості до дизайну ліжка, оскільки ці з'єднання можуть бути виготовлені в різних формах та розмірах, що дозволяє створити унікальну конструкцію.

Використання нестандартних з'єднань може зробити процес збирання та розбирання ліжка більш простим та швидким, оскільки ці з'єднання можуть дозволяти збирати та розбирати ліжко без використання додаткових інструментів.

Використання з'єднань типу «ластівчин хвіст» може дозволити регулювати розміри та форму ліжка, що може бути важливо при використанні ліжка у різних умовах та середовищах.

Проте, даний тип з'єднання має і ряд недоліків:

- Складність виготовлення: виготовлення нестандартних з'єднань може бути складнішим та вимагати більшої кваліфікації виробника, що може підвищувати вартість ліжка.
- Неможливість заміни компонентів: використання нестандартних з'єднань може ускладнити процес заміни окремих компонентів ліжка, оскільки ці з'єднання можуть бути специфічними для конкретної конструкції ліжка та не підходити для інших компонентів.
- Обмеженість вибору матеріалів: використання нестандартних з'єднань може обмежувати вибір матеріалів для виготовлення ліжка, оскільки не всі матеріали можуть бути легко з'єднані з використанням нестандартних з'єднань.

Таким чином, при будівництві ліжка з нестандартними з'єднаннями важливо уважно визначити переваги та недоліки використання цих з'єднань та ретельно продумати дизайн та конструкцію ліжка, щоб забезпечити оптимальну міцність, стійкість.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дистанційна підтримка освіти школярів - Поняття про шипове з'єднання. URL: <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/9024> (дата звернення: 22.04.2023).
2. ДСТУ ГОСТ 9330:2018 Основні з'єднання деталей з деревини та деревних матеріалів. Типи та розміри (ГОСТ 9330-2016, IDT).

УДК 621.9.014

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ТА КРИТЕРІЇ ОПТИМАЛЬНОСТІ

О.О. Богданов¹, О.С. Захаров², Н.В. Могильченко³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства, e-mail: bohdanov.o.o@nmu.one

²студент групи 131-21ск-1, e-mail: zakharov.ol.s@nmu.one

³студент групи 131-21ск-1, e-mail: mohylchenko.n.v@nmu.one

^{1,2,3}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

Анотація. В роботі розглянуто оптимізаційну модель процесу механічної обробки. Приведені критерії оптимізації та цільові функції, які використовуються при розрахунках.

Ключові слова: оптимізація режимів різання, критерії оптимізації, режими різання, оптимальні параметри

OPTIMIZATION OF CUTTING MODES AND OPTIMALITY CRITERIA

O. Bohdanov¹, O. Zakharov², N. Mohylchenko³

¹Ph.D., Associate Professor of the Department of Technology Engineering and Material Science, e-mail: bohdanov.o.o@nmu.one

²Student of group 131-19sk-1, e-mail: zakharov.ol.s@nmu.one

³Student of group 131-19sk-1, e-mail: mohylchenko.n.v@nmu.one

^{1,2,3}Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The work considers the optimization model of the machining process. Optimization criteria and objective functions used in calculations are given.

Keywords: optimization of cutting modes, optimization criteria, cutting modes, optimal parameters

Вступ. Визначення оптимальних режимів різання – важливе техніко-економічне завдання машинобудування. Його значення зростає з широкою автоматизацією виробництв, впровадженням багатофункціональних обробних центрів та верстатів з ЧПК. Знаходження раціональних параметрів процесу різання при механічній обробці включає питання підвищення продуктивності, точності і якості одержуваних поверхонь. Крім того, від правильного призначення цих параметрів залежатиме собівартість обробки, витрата інструменту, надійність обладнання та експлуатаційні властивості деталей тощо.

Застосування верстатів із ЧПК дозволяє змінити звичний підхід до оптимізації технологічного процесу. На першому етапі призначалися економічні режими обробки, на другому – пошук відповідного устаткування. Сучасні

верстати з ЧПК допускають безступінчасте регулювання подачі та швидкості різання у широкому діапазоні. Це дає можливість на першому етапі проектування технологічного процесу визначити раціональніший тип обладнання, що дозволяє на наступних етапах приймати рішення на основі інформації про технічні можливості верстатів [1].

Мета роботи полягає в аналізі критеріїв оптимізації при визначенні оптимальних режимів різання.

Матеріал і результат досліджень. Оптимізація – це вибір такого варіанту керування процесом різання, при якому досягається екстремальне значення критерію, що характеризує якість управління. При цьому розділяють два поняття: критерій оптимізації та критерій оптимальності. Критерій оптимізації, або цільова функція – це критерій, який визначає якість управління процесом, а критерій оптимальності – його задана величина. Загалом завдання оптимізації представляється у вигляді

$$Q = \text{ext}[f_0(x, \omega)], x \in D \quad (1)$$

при технологічних обмеженнях

$$g(x, \omega) \leq 0; f(x) \leq 0; a_i \leq x_i \leq b_i \quad (2)$$

де $f_0(x, \omega)$ – критерій оптимізації, що залежить від керованих x та постійних ω параметрів процесу; D – область допустимих значень x ; a_i, b_i – постійні.

За своїм призначенням оптимізація буває: структурна – призначена для оптимальної побудови структури (послідовності) переходів та операцій при механічній обробці та параметрична – призначення оптимальних параметрів процесу різання. Залежно від поставленої мети оптимізація може бути одноцільовою, коли шукається екстремум однієї цільової функції, і багатокритеріальною при пошуку екстремуму кількох критеріїв оптимізації.

Наукові та практичні роботи з оптимізації режимів різання використовують раніше створені та нові емпіричні формули. Вони достатньою мірою відображають залежність змінних, що впливають на процес різання. У більшості випадків для створення математичної моделі механічної обробки достатньо мати:

- критерії оптимізації;
- цільову функцію;
- систему обмежень;
- систему рівнянь, що описують об'єкт;
- вхідні, вихідні та внутрішні параметри;
- керовані параметри.

Одне з найбільш поширених завдань – пошук оптимальних умов функціонування системи різання. Процедура пошуку складається з таких дій:



- встановлення меж технологічної системи, всередині яких можуть знаходитися експериментальні значення або формування набору технічних обмежень;

- визначення цільового кількісного критерію оптимізації або цільової функції, на основі яких можливо провести аналіз варіантів з метою визначення найкращого;

- побудова математичної моделі, яка відображає взаємозв'язки між змінними та являє собою сукупність рівнянь і нерівностей, що відображають цільову функцію та обмеження [1, 2].

Під час пошуку оптимальних режимів різання використовуються різні критерії економічного, технічного, фізичного та інформаційного характеру. Дані критерії можуть бути прийняті як фактори оптимізації, так і як обмежуючі умови. За наявності кількох критеріїв вибирають:

- адитивний критерій, якщо істотне значення мають абсолютні значення критеріїв при вибраному векторі параметрів X ;

- мультиплікативний критерій, якщо істотну роль відіграє зміна абсолютних значень часткових критеріїв при варіації вектора X ;

- максимінний (мінімаксний) критерій, якщо стоїть завдання досягнення рівності нормованих значень суперечливих (конфліктних) приватних критеріїв.

Обмеження можуть бути утворені елементами системи верстат-присутсування-інструмент-деталь, проявом характеристик (геометрії, кінематики, навантаження, зносу) або сукупністю змінних (силами різання, продуктивністю, періодом стійкості).

Найчастіше як критерій оптимальності виступають: мінімальна собівартість обробки деталі, мінімальна витрата ріжучого інструменту, мінімальний основний час обробки.

Завдання оптимізації буде вирішено, якщо розраховані режими різання можуть бути реалізовані на відповідному устаткуванні, задовольняють усі технічні обмеження. При цьому вибір того чи іншого критерію залежить як від виробничої ситуації, так і від суб'єктивних поглядів технологів, що приймають рішення.

Складена математична модель оптимального режиму різання містить систему технічних обмежень, що виражені у вигляді лінійних нерівностей, і лінійне рівняння цільової функції [1, 2]. Варіант математичної моделі оптимального режиму різання може бути наступним:

$$\left. \begin{aligned} x_1 + y_v x_2 &\leq b_1 \\ nx_1 + yx_2 &\leq b_2 \\ yx_2 &\leq b_3 \\ x_2 &\geq b_4 \\ x_1 &\leq b_5 \\ f_0 &= (x_1 + x_2) \rightarrow \max \end{aligned} \right\} A \quad (3)$$

Найбільшого поширення на практиці при розрахунках оптимальних режимів різання отримали критерії максимальної продуктивності та мінімальної собівартості. Забезпечення мінімальної собівартості механічної обробки – одне із основних чинників випуску конкурентоспроможної продукції.

Для умов обробки одним інструментом цільова функція, що пов'язує собівартість із режимами різання, має вигляд [2]:

$$C = a(t_0 + t_c \frac{t_p}{T}) + a^1 \frac{t_p}{T}, \quad (4)$$

де C – частина технологічної собівартості, що залежить від режимів різання; a – собівартість верстато-хвилини; t_0 – основний час обробки; t_c – час зміни інструмента; t_p – дійсний час різання заготовки; T – стійкість інструмента; a_1 – вартість інструменту, наведена до одного періоду стійкості.

З іншого боку продуктивність обробки обернено пропорційна витраченому часу. І як цільова функція використовується частина штучно-калькуляційного часу:

$$t_{ш}^1 = t_0 + t_c \frac{t_p}{T}. \quad (5)$$

Після перетворень функцію собівартості обробки можна представити у вигляді:

$$C = \frac{K_1}{V \cdot S} + \frac{K_2}{V \cdot S \cdot T}, \quad (6)$$

де K_1 та K_2 – постійні величини; V – швидкість різання; S – подача [3].

З формули (6) слід, що збільшуючи добуток $V \cdot S$, зменшують собівартість. З іншого боку, необхідно прагнути збільшення стійкості інструменту T або зменшення добутку $V \cdot S$ у другому доданку. У будь-якому випадку, при спробі задовольнити обидві вимоги одночасно, виникає певна суперечність – покращується один із параметрів, інший – погіршується.

Для знаходження оптимальних режимів різання використовують також наступні критерії:

- відношення обсягу матеріалу, що знімається, до собівартості

$$E_1 = \frac{VST}{a + bV^m S^n t^k} \rightarrow \max ; \quad (7)$$

- відношення продуктивності до собівартості

$$E_2 = \frac{1}{t_{uc}^1 C} \rightarrow \max ; \quad (8)$$

- відношення обсягу виконаної роботи до собівартості

$$E_3 = \frac{P_z L}{C} \rightarrow \max ; \quad (9)$$

- відношення об'єму матеріалу, що знімається за одну хвилину роботи, до хвилинних витрат

$$E_4 = \frac{VStT}{aT + a^1 t_0} \rightarrow \max . \quad (10)$$

Кожен із наведених вище критеріїв у своєму складі містить кілька простих, має свої переваги та недоліки. Визначаючи оптимальні режими різання з використанням критеріїв (6-10), стикаються з обробкою великої кількості довідкової інформації, тривалістю розрахунків, знаходженням певних коефіцієнтів тощо. Перспективним напрямом буде пошук критерію оптимальності, який підійде для більшості видів механічної обробки, буде простим у застосуванні та дозволить оперативно коригувати режими різання.

Особливий інтерес становлять інформаційні критерії [3]. Аналіз інформаційних зв'язків у технологічному процесі дозволяє по-новому, з кібернетичного погляду підійти до розгляду та синтезу технології. З цих позицій процес формоутворення можна розглядати як процес передачі інформації від креслення деталі на заготовлю. Тим самим коректно говорити не лише про енергетичну та технологічну, а й про інформаційну продуктивність технологічного процесу. У першому наближенні маса інформації, що міститься в структурі обробленої деталі

$$I = S(1 + \sum_1^n \frac{R_i}{\Delta R_i} \log_2 \frac{R_i}{\Delta R_i}) , \quad (11)$$

де S – площа обробленої поверхні; n – кількість отриманих розмірів; R_i – i -й отриманий розмір; ΔR_i – точність i -го розміру [3].

Висновки. Застосування верстатів з ЧПК дозволяє спростити оптимізацію технологічного процесу з вибором режимів різання. Найбільшого поширення на практиці при розрахунках оптимальних режимів різання отримали критерії максимальної продуктивності та мінімальної собівартості. Перспективний напрям розвитку оптимізації механічної обробки – пошук нових критеріїв оптимальності, які дозволять оперативно коригувати режими різання, а також використання інформаційних критеріїв.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дідик Р.П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: то-чіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р.П. Дідик, В.В. Зіль, С.Т. Па-цера. – Д.: Національний гірничий університет», 2013. – 196 с.
2. Кроль О.С. Методы и процедуры оптимизации режимов резания: монография. - Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2013. – 260 с.
3. Математичне моделювання та оптимізація процесів металообробки : моногра-фія / Ф.В. Новіков. – Х. : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 384 с.

УДК 621.952

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ SOLIDWORKS ДЛЯ ЗВОРОТНОГО ІНЖИНІРИНГУ СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА

Д. В. Веретільник¹, Д. Р. Захарова²

¹студент групи 133-22-1, e-mail: veretilnyk.da.v@nmu.one

²студентка групи 133-20-1, e-mail: zakharova.d.r@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядаються основні використання сучасних комп'ютерних те-хнологій SolidWork для зворотного інжинірингу свердлильного верстата.

Ключові слова: SolidWorks, свердлильний верстат, зворотний інжиніринг, дослі-дження.

APPLICATION OF MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES SOLIDWORKS FOR REVERSE ENGINEERING BORING MILL

David Veretilnyk¹, Diana Zakharova²

¹Student of group 133-22-1, e-mail: veretilnyk.da.v@nmu.one

²Student of group 133-20-1, e-mail: zakharova.d.r@nmu.one

^{1,2}Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The article discusses the main applications of using modern computer tech- nologies SolidWork for reverse engineering of a boring mill.

Keywords: SolidWorks, boring mill, reverse engineering, research.

Вступ. Актуальність теми: КЗ «Технічний ліцей ім. Анатолія Лигуна» є профільним навчальним закладом, у якому впродовж чотирьох років навчання ліцеїсти поглиблено вивчають математику, фізику та інформатику, що забезпечує підготовку учнів до навчання у технічних університетах України.

Програмою вказаних предметів протягом навчального процесу передбачено вивчення програми «SolidWorks». У рамках лабораторних робіт шкільного курсу фізики та інформатики поставлено наукове завдання: розробити лабораторну роботу з дослідження роботи свердлильного верстата НС-12А, з теми «Зворотний інжиніринг свердлильного верстата на основі програми SolidWorks».

Мета роботи. розробка алгоритму для вивчення технічного об'єкту, що дозволяє дослідити його параметри з позицій фізичного, аналітичного та комп'ютерного моделювання.

Матеріал і результат досліджень. Для досягнення мети основна задача роботи складається з етапів:

- Аналіз конструкції, принцип роботи та призначення.
- Виконання ескізування деталей і вузлів свердлильного верстата.
- Розробка 3D моделей деталей свердлильного верстата.

Об'єкт дослідження: механічні процеси, що виникають під час роботи механізму свердлильного верстата.

Предмет дослідження: параметри свердлильного верстата НС-12А.

Методи дослідження: методи зворотного інжинірингу, моделювання кінематики в SolidWorks.

Наукове положення: Уперше розроблена комп'ютерна модель нестандартного свердлильного верстата, що складається з 11 унікальних деталей.

На базі кафедри інжинірингу та дизайну НТУ «Дніпровська політехніка» міститься свердлильний верстат НС-12А. Він був наданий мені для дослідження та подальшого створення лабораторного практикуму.

Свердлильний верстат НС-12А - це промислове обладнання, яке використовується для свердління отворів в різних матеріалах, таких як метал, дерево, пластик і ін. Верстат складається з жорсткої рами, на якій розміщений робочий стіл і вертикальний шпindel, що рухається вгору-вниз. Шпindel забезпечує обертання свердла, яке виконує свердлення отворів в матеріалі. Регулювання швидкості обертання свердла може здійснюватися за допомогою ручного регулятора на вершині верстата.

Свердлильний верстат НС-12А є надійним та простим у використанні обладнанням, що забезпечує високу точність та швидкість свердлення. Він широко використовується у виробничому секторі та ремонтних майстернях для вирішення різноманітних завдань свердління.

Для досягнення мети було проведено аналіз конструкції свердлильного верстата НС-12А. Далі з отриманих даних було побудовано твердотілу модель свердлильного верстата НС-12А модель побудована із застосування програми «SolidWorks». За допомогою ескізів і знятих розмірів було створено деталі цього механізму, що були зібрані в єдину модель, у якій перевірялась наявність відповідних зазорів між деталями. Усього деталей у збірці – 13, з них 11 унікальних. Кількість спряжень, якій були використані при розробці, – 33 (див. рис. 1).

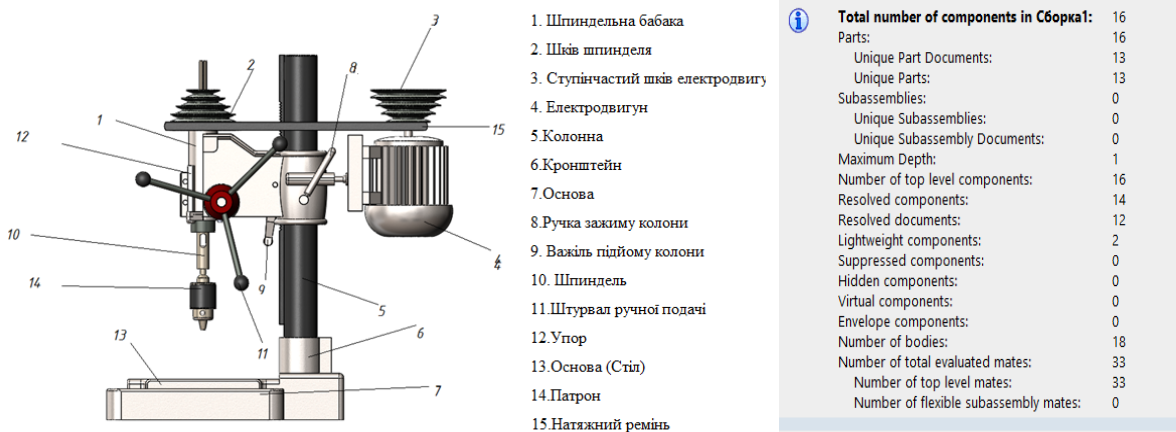


Рис. 1. – розроблена комп'ютерна модель свердлильного верстата

На рис.1 показано конструкцію свердлильного верстата НС-12А. Цей механізм приводиться в дію за допомогою електродвигуна (4), який обертає п'ятиступінчастий шків(3) електродвигуна , що в свою чергу приводить у дію натяжний ремінь (15) і за допомогою обертаючого моменту передає рух на шків шпинделя (2). Далі відбувається поворот шпинделя (10), який зафіксований у пінолі двома підшипниками, після чого деталь (10) разом з патроном (14) обертається зі швидкістю 450 – 4500 об /хв. Свердління отворів відбувається опусканням шпинделя за допомогою пінолю, який переміщує шестерня (18) (див . рис 2), що обертається штурвалом ручної подачі (11).

Отже, після дослідження свердлильного верстата НС-12А, було досліджено його принцип роботи в дію за допомогою електродвигуна, який обертає п'ятиступінчастий шків електродвигуна , що в свою чергу приводить у дію натяжний ремінь і за допомогою обертаючого моменту передає рух на шків шпинделя. Далі відбувається поворот шпинделя разом з патроном обертається зі швидкістю 450 – 4500 об /хв.

Потім було проведено дослідження кінематичних характеристик свердлильного верстата НС-12А. Звідки було встановлено, що свердління залежить від переданого числа і зусилля різання, що чим менший діаметр ободка шківа електродвигуна, тим менше відбувається оборотів шківа шпинделя, тому момент на кінцевому шківі залежить від значення переданого

числа, що впливає на зусилля різання і проходження свердла в різних матеріалах.

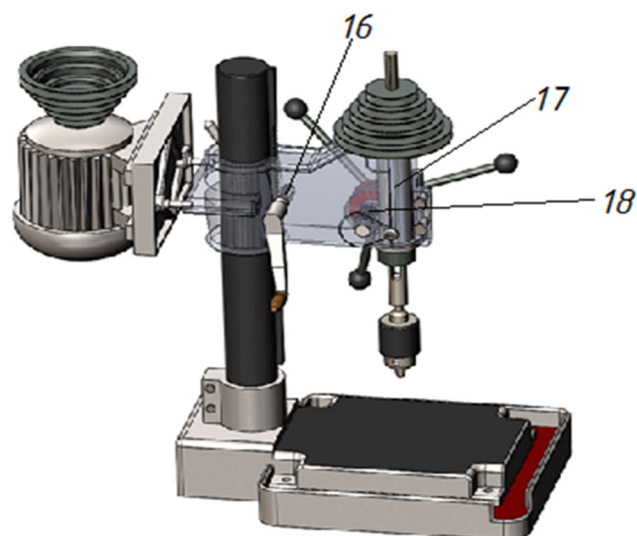


Рис.2. – Конструкція внутрішнього механізму свердлильного верстата НС- 12А

Проведемо фізичний експеримент (Рис. 3) з визначення часу проходження свердла по дереву різних порід (9,2 мм) для усіх ободів шківа. Результати дослідження наведено у табл. 1.



Рис.3. – Фізичний експеримент

Табл.1. – Результати фізичного експерименту

Матеріал	Густина кг/м ³	Глибина отвору	1 обід 450 об/хв	2 обід 710 об/хв	3 обід 1400 об/хв	4 обід 2500 об/хв	5 обід 4500 об/хв
Дуб	700	20 мм	5с	2,6с	1,6с	1с	0,5с
Граб	810	20 мм	6с	3с	2с	1,3с	0,6с
Ясень	650	20 мм	4с	2,3с	1,3с	0,6с	0,3с
Липа	500	20 мм	2,6с	1,1с	0,6с	0,3с	0,15с
Сосна	510	20 мм	3,3с	1,3с	1с	0,5с	0,2с

Навички, котрих набудуть учні після виконання лабораторних робіт

1. Зможуть аналізувати склад і принцип роботи фізичного пристрою. Для цього використовувалися літературні джерела.

2. Проводитимуть ескізування деталей даного пристрою. Для цього конструкція розбирається на окремі деталі, кожна з яких ескізується.

3. Розроблятимуть комп'ютерні моделі деталей, вузлів і всієї конструкції в програмному забезпеченні SolidWorks.

Висновок. У науково-дослідній роботі вирішена актуальна наукова задача розробки лабораторного практикуму з теми «Зворотний інжиніринг свердлильного верстата на основі САПР SolidWorks». Вперше було розроблено лабораторну роботу, що включає в себе такі етапи:

– вивчення конструкції свердлильного верстата НС-12А, його призначення та принципу роботи;

– виконання ескізів деталей та вузлів;

– розробка комп'ютерної моделі, перевірка її на збирання та наявність конфліктів;

– дослідження кінематичних характеристик свердлильного верстата НС-12А.

Практичне значення роботи полягає в тому, що результати науково-дослідної роботи будуть використані під час розробки курсу лабораторних робіт з фізики, інформатики, технологій для учнів профільних закладів, а також на кафедрі інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка» з предметів «Тривимірне комп'ютерне конструювання» та «Основи комп'ютерного інжинірингу».

ЛІТЕРАТУРА

1. Деталі машин : підручник / Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін. – К. : Агроосвіта, 2013. – 448 с.

2. SOLIDWORKS 2019 Tutorial. A Step-by-Step Project Based Approach. Utilizing 3D Solid Modeling. David C. Planchard, CSWP,. SOLIDWORKS Accredited Educator.

УДК 374.14

ОСНОВНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ SOLIDWORKS ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТІВ ДЛЯ КОНКУРСУ-ЗАХИСТУ МАН

Д.Р. Захарова

студентка групи 133-20-1, e-mail: zakharova.d.r@nmu.one, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядаються основні засади підготовки науково-дослідних робіт для конкурсу-захисту МАН України. Робиться наголос на проблемах, котрі виникають під час роботи зі школярами, та шляхах їх вирішення.

Ключові слова: Solidworks, конкурс-захист МАН, зворотний інжиніринг, концепція.

MAIN PRINCIPLES APPLYING MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES SOLIDWORKS IN REALIZATION PROJECTS FOR THE JUNIOR ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

Diana Zakharova

Student of group 133-20-1, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: zakharova.d.r@nmu.one

Abstract. The paper discusses the basic principles of preparing scientific-research projects for the Junior Academy of Sciences of Ukraine. Emphasis is placed on the problems that may arise during the work with students and ways to solve them.

Keywords: Solidworks, the Junior Academy of Sciences of Ukraine, reverse engineering, conception.

Вступ. Головна проблема роботи із школярами, полягає у незацікавленості технікою, у зв'язку з цим, швидкій втраті інтересу й концентрації. Це пов'язано з тим, що сучасних дітей цікавлять комп'ютерні технології моделювання, а вивчення технічних об'єктів їх зацікавлює значно менше. Тому вирішення даної проблеми є актуальною науковою задачею.

Мета роботи. Розробити концепцію підготовки школярами науково-дослідних робіт для конкурсу-захисту Малої академії наук України (МАН), та їх ефективної реалізації. Обґрунтувати основні засади використання сучасних комп'ютерних технологій Solidworks при виконанні проектів.

Матеріал і результат досліджень. Наша ідея полягає у тому, щоб поєднати, при виконанні науково-дослідних робіт з Малої академії наук (МАН), технічні об'єкти та сучасні технології 3Д-моделювання.

Для цього було розроблено наступний сценарій. Спочатку, під моїм керівництвом школярі вивчали ази створення комп'ютерних моделей у програмному забезпеченні Solidworks, це відбувалось на базі гуртка «Механік», кафедри Інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка». Потім обирався цікавий технічний об'єкт, методами зворотного інжинірингу визначались його параметри та будувалась комп'ютерна модель у застосунку Solidworks (див. рис. 1, а).

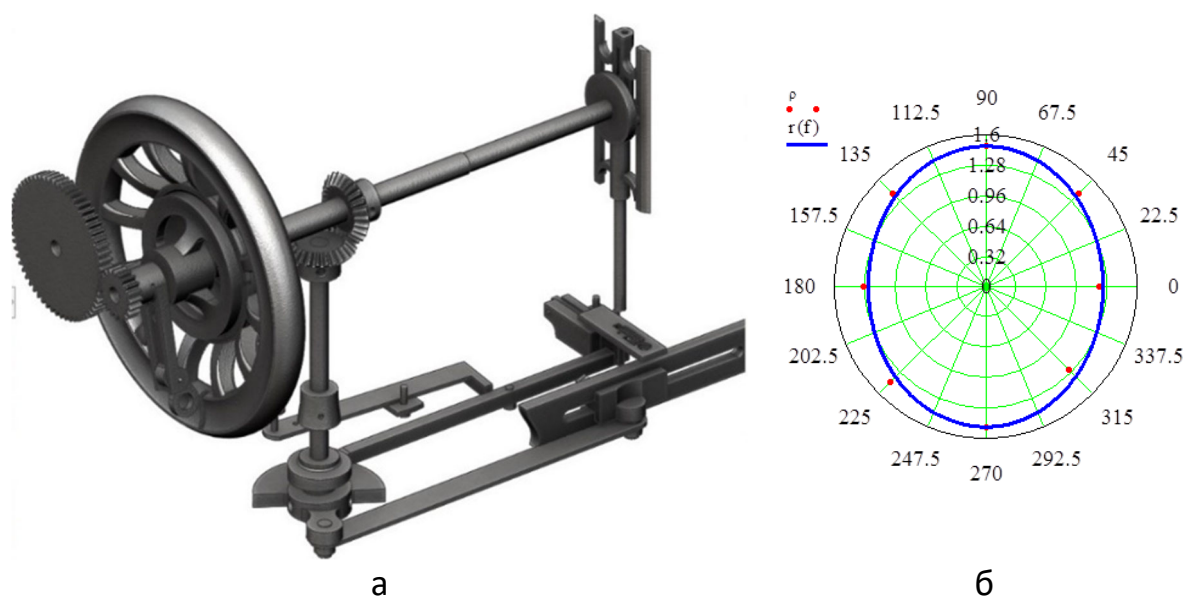


Рис. 1: а – Твердотіла комп'ютерна модель виконавчого механізму швейної машинки Bielefeld Nähmaschinen & Fahrrad Fabrik Hengstenberg, розроблена у програмі Solidworks; б – закон переміщення нижньої лапки від кута обертю кривошипу

Враховуючи те, що комплекс SWEE містить програмні доповнення, котрі дозволяють дослідити статичні, кінематичні та динамічні характеристики об'єкту (див. рис. 1, б), у тому числі напружено-деформований стан (див. рис. 2), з його допомогою проводились дослідження – визначалися закономірності між вхідними та вихідними параметрами об'єкту.

Ми назвали такий підхід до організації науково роботи школярами – Концепцією підготовки школярів до виконання науково-дослідних робіт конкурсу-захисту МАН, яка містить у собі вище перераховані етапи. В рамках цього, автором було здійснено наукове керівництво 5 науково-дослідних робіт у відділенні «Технічних наук» конкурсу-захисту МАН 2022 р. [1-5] та 2 науково-дослідних робіт у відділенні «Технічних наук» конкурсу-захисту

МАН 2023 р. [6-7]. Усі роботи посіли призові місця на Обласному етапі, одна з робіт отримала 3 місце у Всеукраїнському етапі 2022 р. [4], а ще дві роботи [6-7] у травні будуть представлені на Всеукраїнському етапі конкурсу-захисту МАН 2023р.

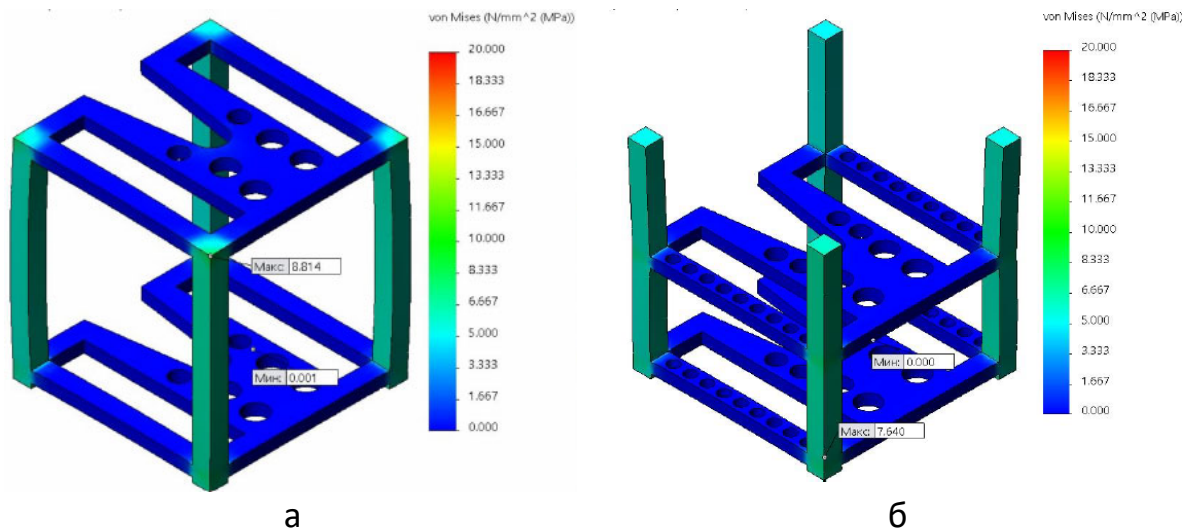


Рис. 2. – Епюри навантаження конструкції отримані за допомогою програми SolidWorks Simulation: а – при розташуванні пластини зверху; б – при розташуванні пластини посередині

Під час виконання робіт за цією концепцією, талановита молодь має змогу розвинути ряд навичок, таких як аналіз та збір даних, навички роботи з технічними об'єктами, навички проведення фізичних та комп'ютерних експериментів, навички проведення реінжинірингу технічного об'єкту, а також поглибити свої знання з комп'ютерного моделювання, фізики, математики, інформатики та інше. Розглянемо приклад застосування даної концепції.

У даний час, на базі профільних закладів повної загальної середньої освіти існує проблема нестачі методичних рекомендації для проведення лабораторних робіт з фізики, інформатики та технологій. Тому школярам пропонувалось на базі технічного об'єкту проведення реінжинірингу, виконання роботи з побудови цифрової 3Д-моделі (див. рис. 3), здійснення необхідного розрахунку для неї та створення технічної документації.

Далі учні, на основі отриманих результатів, формували методичні рекомендації для проведення практичних та лабораторних робіт, котрі в подальшому застосовуються на базі навчального закладу. Завдяки цьому проводиться підвищення навичок з різних дисциплін: «креслення» – за рахунок побудови збиральних креслеників та вивчення вимог ДСТУ (див. рис. 4); «фізики» – за рахунок вивчення дії фізичних сил на технічний об'єкт; «інформатики» – у напрямку створення 3Д-моделей [1-2, 4].



Общее количество компонентов в Сборка домкрату:	10
Детали:	10
Уникальные документы детали:	10
Уникальные детали:	9
Узлы сборки:	0
Уникальные узлы сборки:	0
Уникальные документы узлов сборки:	0
Максимальная глубина:	1
Число компонентов верхнего уровня:	10
Решенные компоненты:	10
Решенные документы:	10
Сокращенные компоненты:	0
Погашенные компоненты:	0
Скрытые компоненты:	0
Виртуальные компоненты:	0
Компоненты конверта:	0
Количество тел:	10
Общее количество вычисленных сопряжений:	22
Сопряжения верхнего уровня:	22
Гибкие сопряжения узла сборки:	0

Рис. 3. – Комп’ютерна модель домкрату, виконана учнем [2] під час розробки проекту

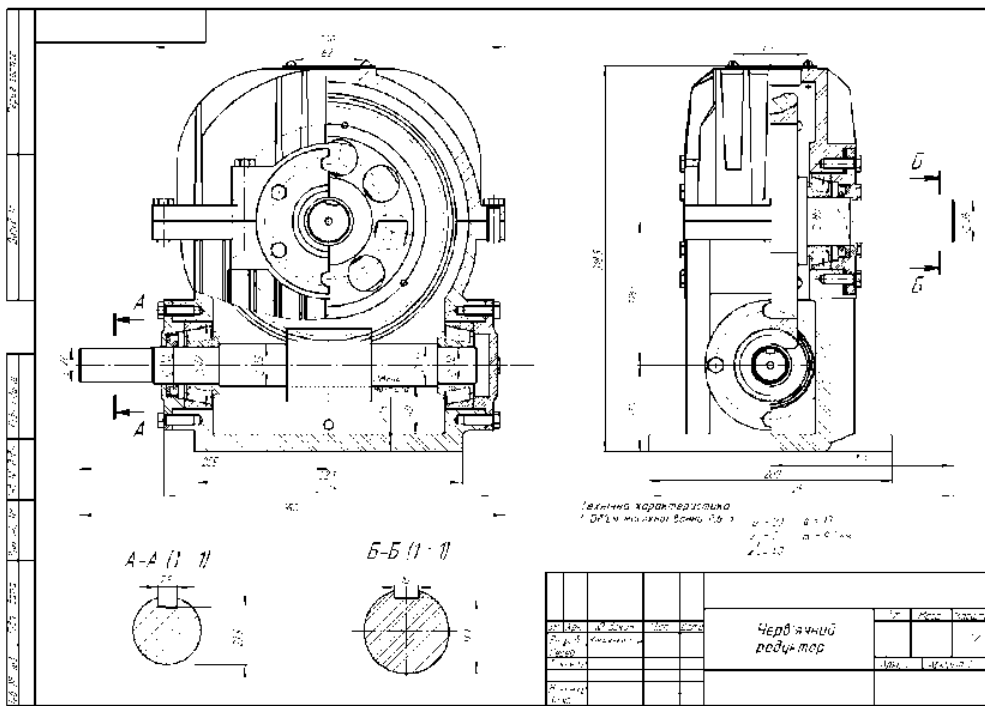


Рис. 4. – Кресленник, виконаний учнем під час лабораторної роботи

Створені комп'ютерні моделі заплановано роздрукувати на 3D принтері, на базі КЗ «Науковий ліцей імені Анатолія Лигуна», для залучення їх в освітній процес. Також отримані комп'ютерні моделі, можна застосовувати у якості прототипу для розробки чи модернізації вітчизняних аналогів.

Висновок. Як показали результати проведення Обласного етапу конкурсу-захисту МАН, учні виконали гідні науково-дослідні роботи, зайняли призові місця в області та Україні, а найголовніше те, що двоє із них вступили до нашого університету на машинобудівну спеціальність, з дуже високим рейтингом. Отже, застосування запропонованої концепції підготовки школярами науково-дослідних робіт для конкурсу-захисту Малої академії наук України є доцільним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Веретільник Д.В. Зворотний інжиніринг свердлильного верстата для лабораторного практикуму на основі САПР Solidworks / Д.В. Веретільник, Д.Р. Захарова// Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесять сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 584-586.

2. Зябров А.В. Зворотний інжиніринг гвинтового домкрату для лабораторного практикуму на основі САПР Solidworks / А.В. Зябров, Д.Р. Захарова// Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесять сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 593-595.

3. Іващенко Є. О. Розробка розвиваючого завдання з конструювання / Є.О. Іващенко, Д.Р. Захарова// Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесять сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 596-598.

4. Кіященко І.Д. Створення лабораторного практикуму «Визначення параметрів черв'ячного редуктора та розробка технічної документації» на основі САПР Solidworks / І.Д. Кіященко, Д.Р. Захарова // Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесять сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 599-601.

5. Топчій К.Е. Розробка комп'ютерної моделі рекурсивного лука для лабораторного практикуму на основі САПР Solidworks / К.Е. Топчій, Д.Р. Захарова // Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесять сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 615-617.

6. Малуєв П.А. Зворотний інжиніринг ромбічного домкрата на основі САПР SOLIDWORKS / П.А. Малуєв, Д.Р. Захарова // Матеріали XX Міжнар. наук.-техн. ПОТУРАЄВСЬКІ ЧИТАННЯ» (Дніпро, 27 січня 2023 року). – Д.: НТУ «ДП», 2023 – С. 79–80.

7. Ковтун А. С. Зворотний інжиніринг вантажозахоплювальних кліщів на основі САПР SOLIDWORKS / А. С. Ковтун, Д.Р. Захарова // Матеріали XX Міжнар. наук.-техн. ПОТУРАЄВСЬКІ ЧИТАННЯ» (Дніпро, 27 січня 2023 року). – Д.: НТУ «ДП», 2023 – С. 77–78.

УДК 621.866.14

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ SOLIDWORKS ДЛЯ ОБЧИСЛЕННЯ КОЕФІЦІЕНТУ ЗАПАСУ СИЛИ ГВИНТОВОГО ДОМКРАТУ

А.В. Зябрев¹, Д.Р. Захарова²

¹студент групи 133-22-1, e-mail: ziabrev.ar.v@nmu.one

²студентка групи 133-20-1, e-mail: zakharova.d.r@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядаються основні засади використання сучасних комп'ютерних технологій SolidWork для оцінки впливу величини підйому гвинтів домкрату на коефіцієнт запасу сили.

Ключові слова: SolidWorks, гвинтовий домкрат, коефіцієнт запасу сили, дослідження.

USING MODERN SOLIDWORKS COMPUTER TECHNOLOGIES FOR CALCULATION THE COEFFICIENT OF THE SAFETY FACTOR OF THE SCREW JACK

Artem Ziabrev¹, Diana Zakharova²

¹Student of group 133-22-1, e-mail: ziabrev.ar.v@nmu.one

²Student of group 133-20-1, e-mail: zakharova.d.r@nmu.one

^{1,2}Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. In this article we survey the basic principles of using modern computer technologies SolidWork to assess the effect of the height of jack screws on the safety factor.

Keywords: SolidWorks, screw jack, safety factor, research.

Вступ. Під час написання роботи з конкурсу-захисту МАН [1], було проведено зворотний інжиніринг гвинтового пляшкового домкрату і визначено його основні технічні характеристики. Проте постало питання впливу величини підйому малого та великого гвинта на коефіцієнт запасу сили при згині. Отже, з метою дослідження впливу величини підйому малого та великого гвинта на коефіцієнт запасу сили при згині було вирішено провести додаткові експериментальні дослідження за допомогою програмного забезпечення SolidWorks Simulation. Проведення такого дослідження дозволить підвищити безпеку експлуатації домкрату, а також розширить практичний елемент лабораторної роботи.

Мета роботи. Дослідити можливості використання програмного забезпечення SolidWorks для створення графіку апроксимації коефіцієнту запасу сили гвинтового домкрату. Створити відповідні графіки залежностей.

Матеріал і результат досліджень. Домкрат – це підйомно-транспортне устаткування, яке забезпечує підймання та утримування вантажу на певній висоті. Даний прилад дозволяє довго та надійно утримувати об'єкт на певній висоті, що зумовлює безпеку для людини, котра виконує роботу. Використання домкрату не потребує подальшого утримання вантажу, що дозволяє працівникам зосередитися на виконуваній роботі. Застосування домкрату є доцільним, коли вантаж має велику вагу в порівнянні з вагою, котру може утримувати людина, або об'єкт потрібно підняти на певну висоту, звільнивши при цьому руки для виконання завдань.

Коефіцієнт безпеки домкрату – це важлива величина, що вказує на те, як безпечно використовувати домкрат для підйому вантажу з цією масою. На цей коефіцієнт впливають різні фактори, такі як густина металу, з якого виконано домкрат, його конструкцію, а також діаметр гвинтів, та висоту підйому гвинтів. Такі дослідження корисно проводити, щоб уникнути небезпечних ситуацій, таких як аварії чи нещасні випадки при експлуатації виробу.

Для виконання цієї роботи були взяті матеріали, отриманні під час написання роботи з конкурсу-захисту МАН [1]. Для отримання цих матеріалів було пройдено такі етапи:

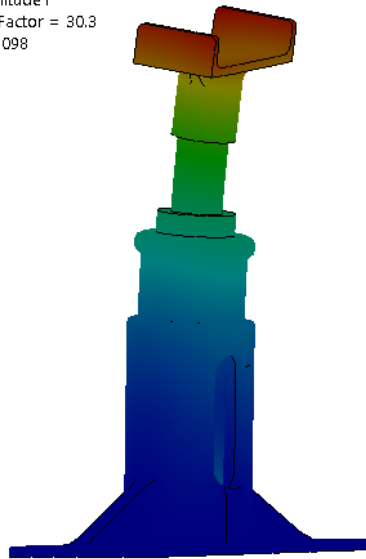
- вивчення конструкції гвинтового пляшкового домкрату, його призначення та принципу роботи;
- виконання ескізів деталей та вузлів гвинтового пляшкового домкрату;
- розробка комп'ютерної моделі гвинтового пляшкового домкрату, перевірка її на збирання та наявність конфліктів;
- порівняння розробленої тривимірну твердотілу модель з реальним об'єктом.

За допомогою SolidWorks було створено 3D-модель гвинтового пляшкового домкрата з урахуванням всіх основних технічних характеристик, які були визначені під час зворотного інжинірингу.

Застосовуючи програмний модуль SolidWorks Simulation було проведено комп'ютерний експеримент з визначення згину домкрату при підйомі малого гвинта, незмінному розміщенні великого гвинта у крайньому нижньому положенні та докладеній силі 2000 Н. Результати, визначені при мінімальній висоті підйому малого гвинта (див. рис. 1, а) та при максимальній висоті підйому малого гвинта на (див. рис. 1, б)

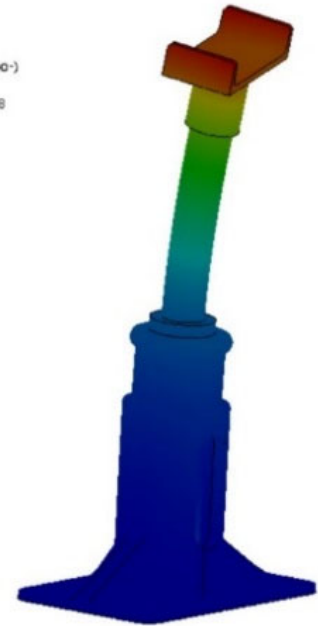
За отриманими значеннями було побудовано графік залежності коефіцієнту запасу сили від висоти підйому малого гвинта, при незмінному розміщенні великого гвинта у крайньому нижньому положенні на рис 2.

Model name:1
 Study name:Buckling 1(-По умолчанию-)
 Plot type: Buckling Amplitude1
 Mode Shape : 1 Load Factor = 30.3
 Deformation scale: 7.81098



а

Model name:1
 Study name:Buckling 1(-По умолчанию-)
 Plot type: Buckling Amplitude1
 Mode Shape : 1 Load Factor = 11.928
 Deformation scale: 9.48074



б

Рис. 1. – результати комп'ютерного експерименту

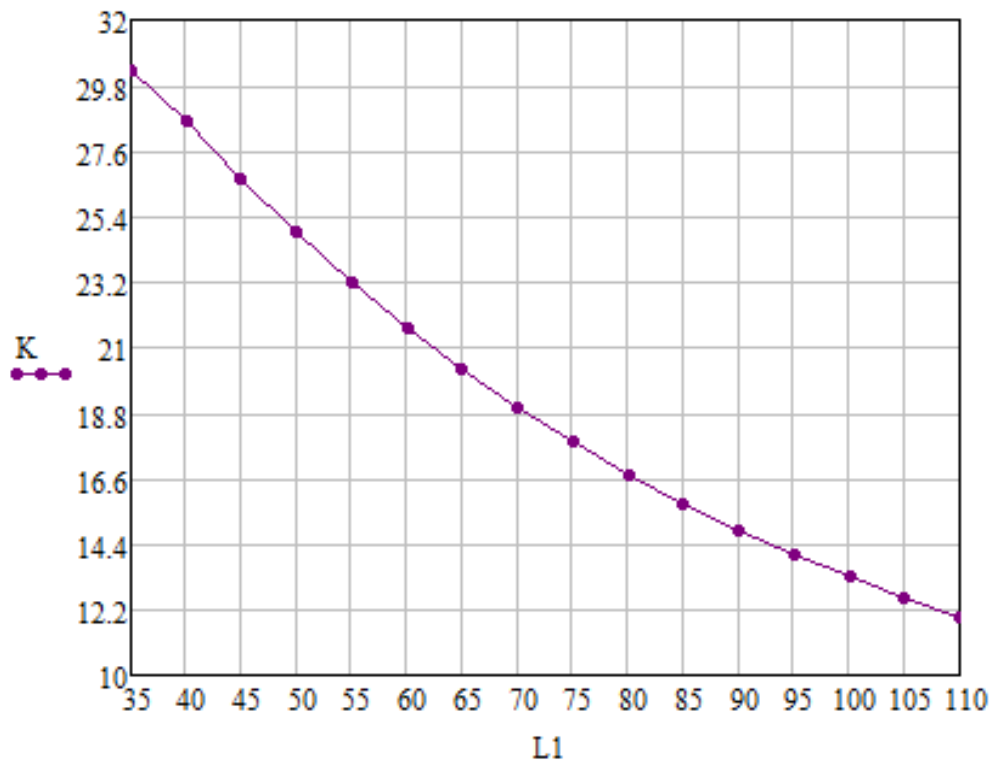


Рис. 2. – побудований графік залежності

Апроксимація коефіцієнта безпеки домкрату може бути корисна, оскільки вона дозволяє визначити його значення для різних умов експлуатації

домкрата. В цьому випадку, проводилось дослідження впливу зміни висоти гвинтів, оскільки зміну цієї величини люди спостерігають найчастіше.

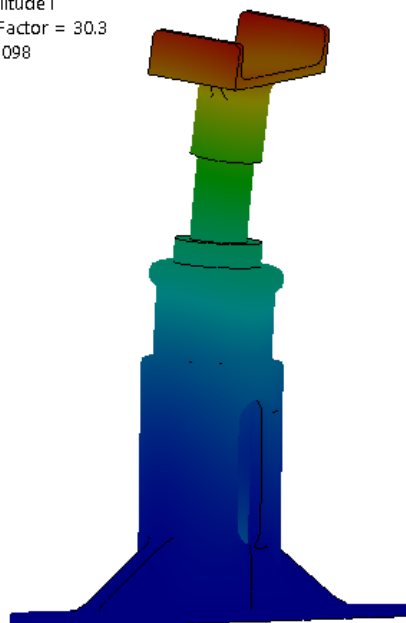
Графік з рис. 2(а) можна описати ступеневим поліномом:

$$k = -0,0002 \cdot l_1^4 + 0,0043 \cdot l_1^3 + 0,0152 \cdot l_1^2 - 1,9948 \cdot l_1 + 32,364$$

Де k – коефіцієнт запасу сили, l_1 – висота підйому малого гвинта;

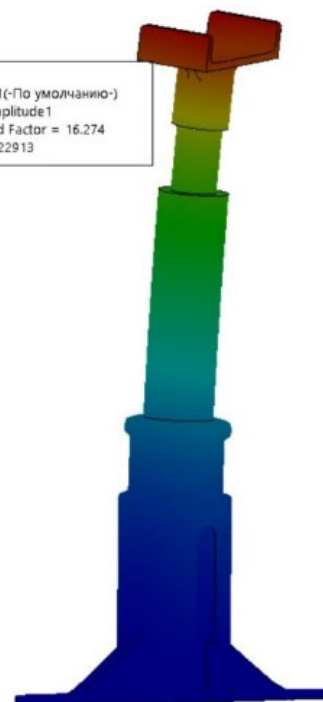
Також було проведено комп'ютерний експеримент з визначення стійкості домкрата при підйомі великого гвинта, незмінному розміщенні малого гвинта у крайньому нижньому положенні та докладеній силі 2000 Н. Значення комп'ютерного експерименту при мінімальній висоті підйому великого гвинта на рис. 3(а); результати при максимальній висоті підйому великого гвинта на рис. 3(б).

Model name:1
Study name:Buckling 1(-По умолчанию-)
Plot type: Buckling Amplitude1
Mode Shape : 1 Load Factor = 30.3
Deformation scale: 7.81098



а

Model name:1
Study name:Buckling 1(-По умолчанию-)
Plot type: Buckling Amplitude1
Mode Shape : 1 Load Factor = 16.274
Deformation scale: 9.22913



б

Рис. 3. – результати комп'ютерного експерименту

За отриманими значеннями було побудовано графік залежність коефіцієнт запасу сили від висоти підйому великого гвинта, при незмінному розміщенні малого гвинта у крайньому нижньому положенні, який зображено на рис. 4.

Графік з рис. 4 можна описати ступеневим поліномом:

$$k = -0,0003 \cdot l_2^4 + 0,006 \cdot l_2^3 + 0,0059 \cdot l_2^2 - 1,6756 \cdot l_2 + 31,959$$

Де k – коефіцієнт запасу сили, l_2 – висота підйому великого гвинта.

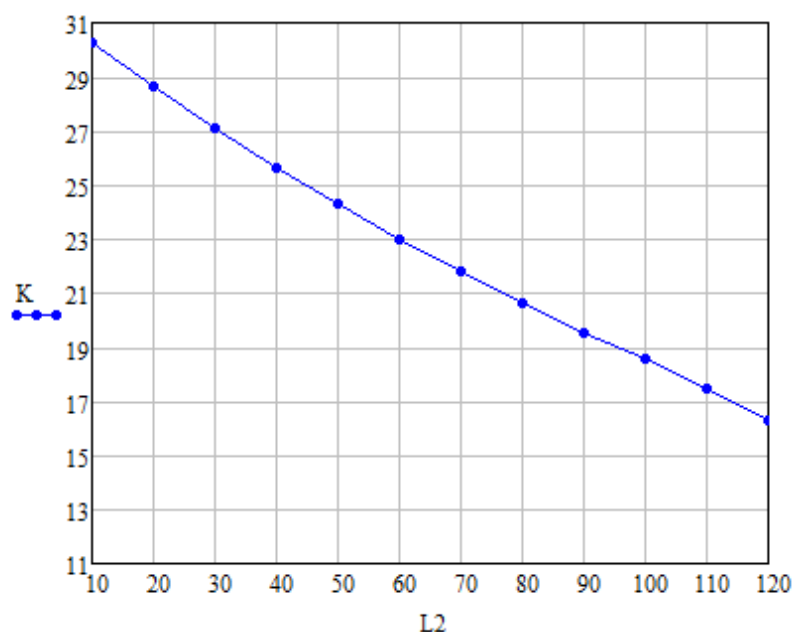


Рис. 4. – побудований графік залежності

Величина достовірності апроксимації в обох випадках дорівнює 1, тобто лінія тренду проходить через усі вихідні експериментальні точки. Тому, помилка апроксимації дорівнює нулю. Отже, оцінка залежності величини підйому малого та великого гвинта на згин на коефіцієнт запасу сили виконана коректно.

Висновок. Розрахунок коефіцієнту запасу сили при згині гвинтового домкрату є необхідним етапом у лабораторній роботі, тому що дозволяє визначити оптимальні параметри домкрату та забезпечити безпеку його використання. З матеріалів роботи з конкурсу-захисту МАН [1] було виконане додаткове дослідження, в результаті якого були отримані залежності коефіцієнту запасу сил від висоти підйому гвинтів, які можна виразити у вигляді ступеневого поліному четвертого ступеня.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зябров А.В. Зворотний інжиніринг гвинтового домкрату для лабораторного практикуму на основі САПР Solidworks /А.В. Зябров, Д.Р. Захарова// Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесят сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 593-595.

УДК 621.86.061.3

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ SOLIDWORKS ТА VIRTUAL REALITY ДЛЯ ЗВОРОТНОГО ІНЖИНІРИНГУ ВАНТАЖОЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ КЛІЩІВ

А.С. Ковтун¹, Д.Р. Захарова²

¹учень 9 класу, e-mail: pavel.maluev@gmail.com

²студентка групи 133-20-1, e-mail: zakharova.d.r@nmu.one

¹КЗ «Науковий лицей імені Анатолія Лигуна» КМР, Кам'янське, Україна

²Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розроблюється лабораторний практикум на базі вантажозахоплювальних кліщів, застосовано технологію віртуальної реальності для візуалізації та апробації отриманих результатів; виведено залежності ширини розкриття губок від кута похилу важеля та від зміщення повзуна стосовно крайнього положення зі сталим кроком в 10 мм.

Ключові слова: вантажозахоплювальні кліщі, зворотний інжиніринг, SolidWorks, віртуальна реальність, лабораторний практикум.

APPLICATION OF MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES SOLIDWORKS AND VIRTUAL REALITY FOR REVERSE ENGINEERING OF THE RHOMBIC JACK

Artem Kovtun¹, Diana Zakharova²

¹9th grade student, Scientific Lyceum by Anatoliy Lyhun, Kamianske, Ukraine, e-mail: pavel.maluev@gmail.com

²Student of group 133-20-1, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: zakharova.d.r@nmu.one

Abstract. In this work, we develop a practical training course by using a load-gripping pincer, apply virtual reality technology to visualize and validate the results obtained; we deduce the dependence of the jaws opening width on the angle of inclination of the lever and on the displacement of the slider relative to the end position with a constant step of 10 mm.

Keywords: load gripping pliers, reverse engineering, SolidWorks, Virtual Reality, laboratory workshop.

Вступ. З аналізу матеріалів до практичних занять з предметів фізики та інформатики в КЗ «Технічний лицей імені Анатолія Лигуна» було поставлено актуальну наукову задачу: розробити лабораторний практикум, який має поглиблювати навички учнів з володіння САПР SolidWorks, розширити знання з фізики та оволодіти методом зворотного інжинірингу.

Мета роботи. Розробити науково-дослідницьку лабораторну роботу, при виконанні якої учні, в програмному середовищі SolidWorks побудують цифрову 3D-модель механізму, виконають необхідні розрахунки та створять технічну документацію.

Матеріал і результат досліджень. Для досягнення мети основна задача роботи має такі етапи: вивчення конструкції вантажозахоплювальних кліщів, їх призначення та принципу роботи; виконання ескізів деталей та вузлів вантажозахоплювальних кліщів, знімання основних розмірів з збирального кресленника; розробка комп'ютерної моделі вантажозахоплювальних кліщів, перевірка її на збирання та наявність конфліктів; проведення комп'ютерного експерименту; розробка технічної документації.

При відтягуванні повзуна(1) від траверси(3) весь механізм (див. рис. 1) починає виконувати необхідну операцію захоплення вантажу. Рух пальців(6) та ролика, що надітий на палець, передається на важелі(2), котрі піднімають один з кінців. Важіль обертається навколо пальця(5), що призводить до стискання губок(4), закріплених на пальцях(7), та затискання вантажу між ними. Губки можуть робити невеликі оберти навколо пальців для того, щоб прилягати усією площиною до вантажу. При русі назад до траверси(3) повзун(1) опускає один з кінців важеля(2) через роликоне з'єднання з важелем, обертаючись навколо пальців(5) та піднімаючи інший кінець з губками. Це призводить до розтискання губок(4) та відпускання вантажу. Рух повзуна обмежений пальцями(6), які закріплені на важелях(2) та спеціальними прорізами в повзуні(1).

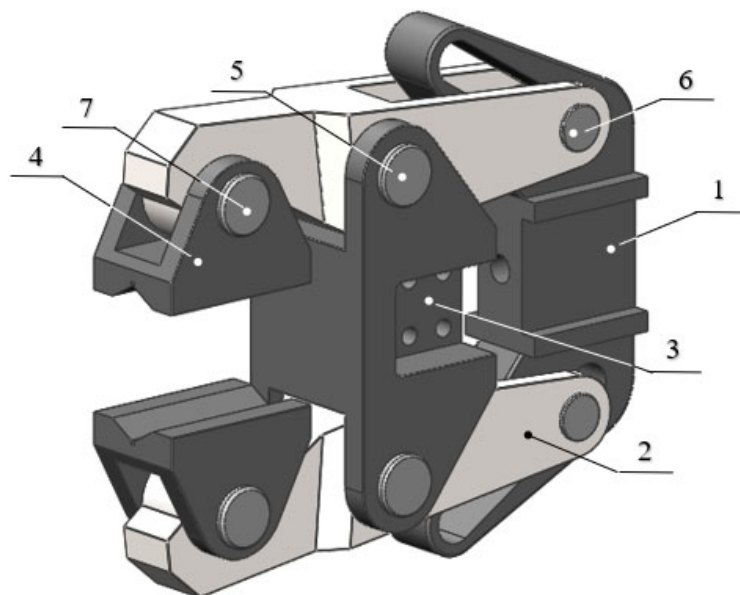
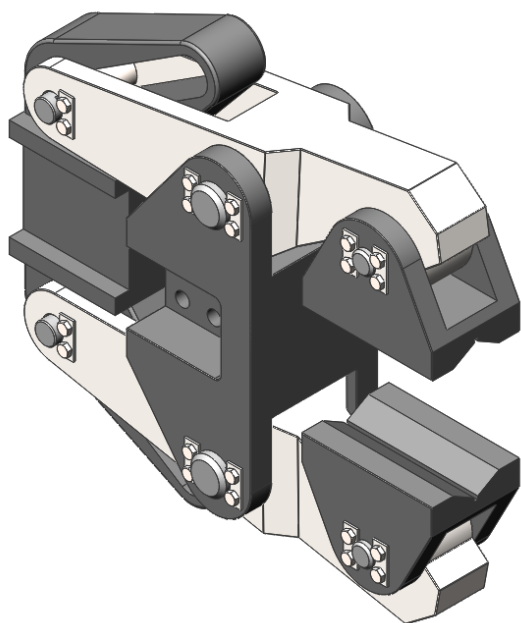


Рис.1. – Конструкція вантажозахоплювальних кліщів, де 1 – повзун, 2 – важіль, 3 – траверса, 4 – губка, 5, 6, 7 – пальці

За допомогою програми SolidWorks було створено твердотілу комп'ютерну модель вантажозахоплювальних кліщів, що зображена на рис. 2. Моделювання виконувалося на основі збирального кресленика. Повна кількість деталей 44, з них унікальних – 10, та 109 сполучень.



Общее количество компонентов в Складена деталь:	44
Детали:	44
Уникальные документы детали:	10
Уникальные детали:	10
Узлы сборки:	0
Уникальные узлы сборки:	0
Уникальные документы узлов сборки:	0
Максимальная глубина:	1
Число компонентов верхнего уровня:	44
Решенные компоненты:	44
Решенные документы:	11
Сокращенные компоненты:	0
Погашенные компоненты:	0
Скрытые компоненты:	0
Виртуальные компоненты:	0
Компоненты конверта:	0
Количество тел:	44
Общее количество вычисленных сопряжений:	109
Число сопряжений верхнего уровня:	109
Количество гибких сопряжений узла сборки:	0

Рис. 2. – Розроблена комп'ютерна модель вантажозахоплювальних кліщів розроблена за допомогою САПР SolidWorks

Під час аналізу конструкції виявлено, що деталі взаємодіють між собою за допомогою посадок з натягом та з проміжком, при цьому деякі з них додатково закріплюються за допомогою ригелів. Це забезпечує правильний рух механізму захоплення вантажу та запобігає небажаному відносному переміщенню деталей. Під час створення тривимірної моделі було враховано цей аспект.

Після розробки моделі кліщів було проведено комп'ютерний експеримент, з допомогою якого виведено залежність зміни ширини розкриття губок від зміщення повзуна стосовно крайнього положення зі сталим кроком в 10 мм, що зображена на рис. 3.

Графік можна описати ступеневим поліномом:

$$h_2 = 0,0000003l_2^6 - 0,00002l_2^5 + 0,0007l_2^4 - 0,0114l_2^3 + 0,0977l_2^2 - 0,561l_2 + 12,205$$

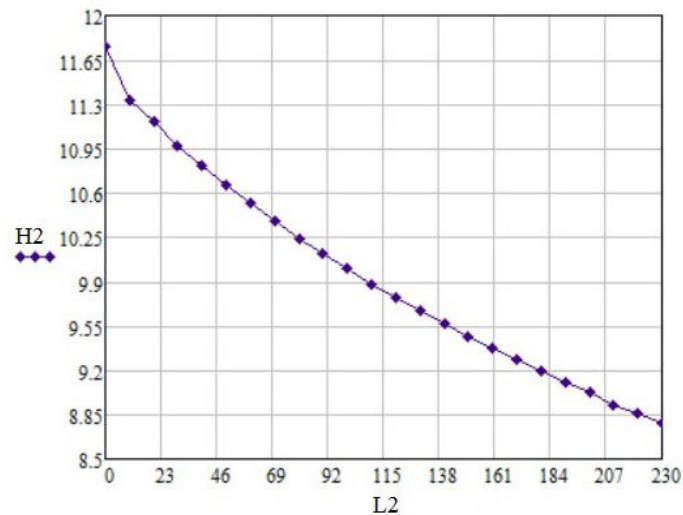


Рис. 3. – Залежність зміни ширини розкриття губок від зміщення повзуна стосовно крайнього положення зі сталим кроком

На основі створеної комп'ютерної моделі була розроблена технічна документація до вантажозахоплювальних кліщів, що зображена на рис. 4.

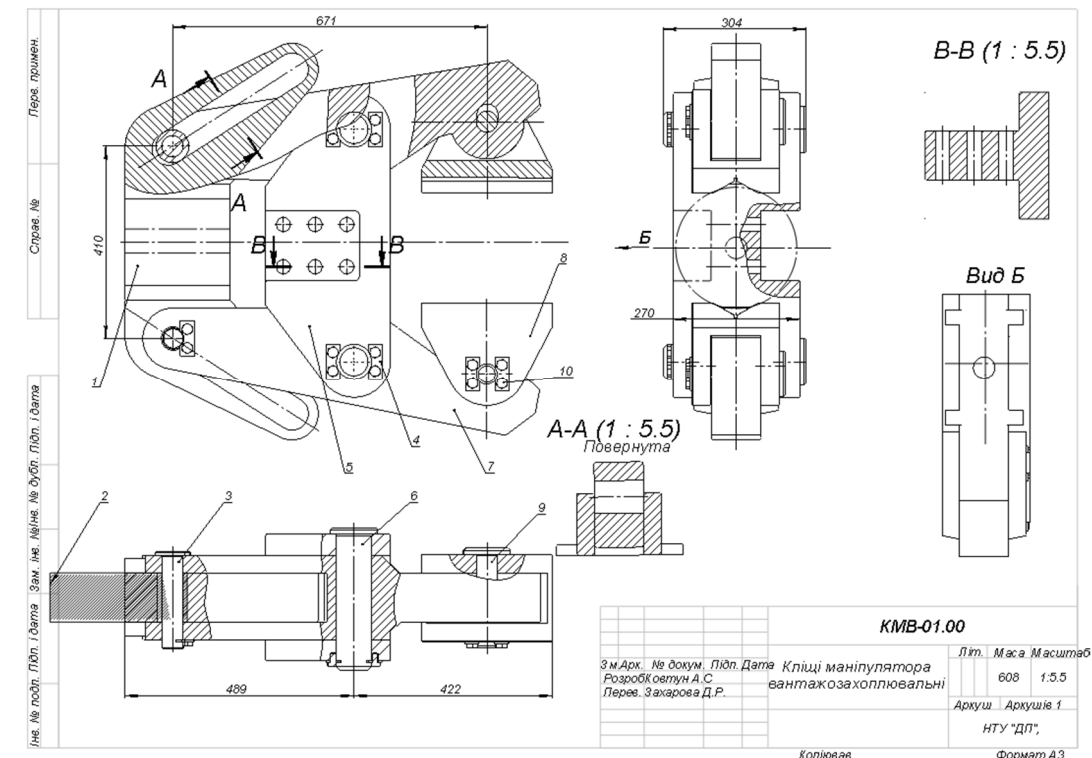


Рис. 4 – Кресленик вантажозахоплювальних кліщів

Сучасні молоді люди стикаються з проблемами з концентрацією та непосидючістю, що може негативно вплинути на їхнє навчання та розвиток. Тому передові технології, такі як віртуальна реальність (VR), можуть стати

відмінним рішенням для привернення уваги учнів до навчання. Оскільки до 90% інформації сприймається візуально, VR забезпечує майже повне занурення в демонстровану реальність за допомогою шолома, що може збільшити ефективність навчання. Крім того, VR може бути використана не лише для розваг та освіти, але й для покращення роботи фахівців у різних галузях, таких як медицина, інженерія, архітектура та інші.

Застосування віртуальної реальності також має великі переваги для інженерів. Вона може бути використана для розробки та аналізу різних проєктів, що дозволяє знизити витрати на їх тестування і виявити конструкційні помилки на ранніх етапах розробки. Користуючись VR, фахівці можуть ефективно співпрацювати та обмінюватися даними з колегами та клієнтами з різних країн світу, що сприяє швидкому та результативному процесу розробки.

Робота пройшла апробацію на семінарі «Віртуальна реальність», який відбувся 19 березня в НТУ «Дніпровська політехніка» (Рис. 5) та отримала схвальні відгуки.



Рис. 5. – Використання технології VR

Висновок. У даній роботі, розглянуто використання сучасних комп'ютерних технологій для зворотного інжинірингу вантажозахоплювальних кліщів, на базі розробки лабораторного практикуму для школярів. Застосовано технологію віртуальної реальності, яка покращує сприймання складної інформації та зацікавлює школярів у STEM предметах.

Практичне значення роботи полягає в тому, що результати науково-дослідної роботи будуть використані під час розробки курсу лабораторних робіт з фізики, інформатики, технологій для учнів профільних закладів, а також на кафедрі інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка» з предметів «Тривимірне комп'ютерне конструювання» та «Основи комп'ютерного інжинірингу».

Література:

1. Літовченко П.І. Деталі машин: навч. посіб. – Харків: НАНГУ, 2015. 302 с.
2. Деталі машин : підручник / Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін. – Київ : Агроосвіта, 2013. – 448 с
3. Гмурман В.Е. Теорія ймовірності та математична статистика: посібник для вузів / В.Е. Гмурман. – 7-е вид., стер. – М.: Вищ. шк., 1999.–479 с.
Ковтун А. С. Зворотний інжиніринг вантажозахоплювальних кліщів на основі САПР SOLIDWORKS / А. С. Ковтун, Д.Р. Захарова // Матеріали ХХ Міжнар. наук.-техн. . ЧИТАННЯ» (Дніпро, 27 січня 2023 року). – Д.: НТУ «ДП», 2023 – С. 77–78.

УДК 621.866.14

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ SOLIDWORKS ТА VIRTUAL REALITY ДЛЯ ЗВОРОТНОГО ІНЖИНІРИНГУ РОМБІЧНОГО ДОМКРАТУ

П.А. Малув¹, Д.Р. Захарова²

¹учень 10 класу, e-mail: pavel.maluev@gmail.com

²студентка групи 133-20-1, e-mail: zakharova.d.r@nmu.one

¹КЗ «Науковий ліцей імені Анатолія Лигуна» КМР, Кам'янське, Україна

²Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розроблюється лабораторний практикум на базі ромбічного домкрата, застосовано технологію віртуальної реальності для візуалізації та апробації отриманих результатів; виведено залежності між висотою підйому домкрата від кута між середніми стояками, та від кількості обертів гвинта.

Ключові слова: ромбічний домкрат, зворотний інжиніринг, SOLIDWORKS, VR.

APPLICATION OF MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES SOLIDWORKS AND VIRTUAL REALITY FOR REVERSE ENGINEERING OF THE RHOMBIC JACK

Pavlo Maluev¹, Diana Zakharova²

¹10th grade student, Scientific Lyceum by Anatoliy Lyhun, Kamianske, Ukraine, e-mail: pavel.maluev@gmail.com

²Student of group 133-20-1, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: zakharova.d.r@nmu.one

Abstract. In this work, we develop a practical training on a rhombic jack, apply virtual reality technology to visualize and validate the results obtained; we deduce the dependence between the height of lifting the jack on the angle between the middle risers and the number of screw revolutions.

Keywords: rhombic jack, reverse engineering, SOLIDWORKS, Virtual Reality.

Вступ. Проаналізувавши матеріали до практичних занять з предметів фізики та інформатики в КЗ «Технічний ліцей імені Анатолія Лигуна» було поставлено актуальну наукову задачу: розробити лабораторний практикум, який має поглиблювати навички учнів з володіння САПР SolidWorks, розширити знання з фізики та оволодіти методом зворотного інжинірингу.

Мета роботи. Розробити науково-дослідницьку лабораторну роботу для школярів та студентів, при виконанні якої учні, застосовуючи методи зворотного інжинірингу визначають параметри досліджуваного ромбічного домкрата, побудують в програмному середовищі SolidWorks його 3D-модель, виконують необхідні розрахунки та створять технічну документацію.

Матеріал і результат досліджень. Для досягнення мети основна задача роботи має такі етапи: вивчення конструкції ромбічного домкрата, його призначення, переваг/недоліків та принципу роботи; створення ескізів деталей та вузлів; розробка комп'ютерної моделі ромбічного домкрата у САПР SolidWorks, перевірка її на збирання та наявність конфліктів; проведення комп'ютерного експерименту; розробка технічної документації; перенесення моделі у віртуальну реальність.

Твердотіла комп'ютерна модель ромбічного домкрата була створена за допомогою програми SolidWorks, що забезпечило високу точність та деталізацію моделі (Рис. 1). Одна з головних переваг такої розробки є можливість віртуальної перевірки функціонування домкрата та виявлення можливих проблем ще до початку його введення в експлуатацію. Моделювання виконувалося на основі збирального кресленика, наданого кафедрою інжинірингу та дизайну в машинобудуванні. Повна кількість деталей 43, з них унікальних – 30, та 64 сполучень.

Під час аналізу конструкції виявлено, що деталі взаємодіють між собою за допомогою посадок з натягом та з проміжком, при цьому деякі з них додатково закріплюються за допомогою заклепок. Це забезпечує правильний рух механізму підймання вантажу та запобігає небажаному відносному переміщенню деталей. Під час створення тривимірної моделі було враховано цей аспект.

Після розробки моделі домкрату було проведено комп'ютерний експеримент з визначення залежності висоти підйому домкрату (H_1) від кута між середніми стояками (α) що зображена на рис. 2.

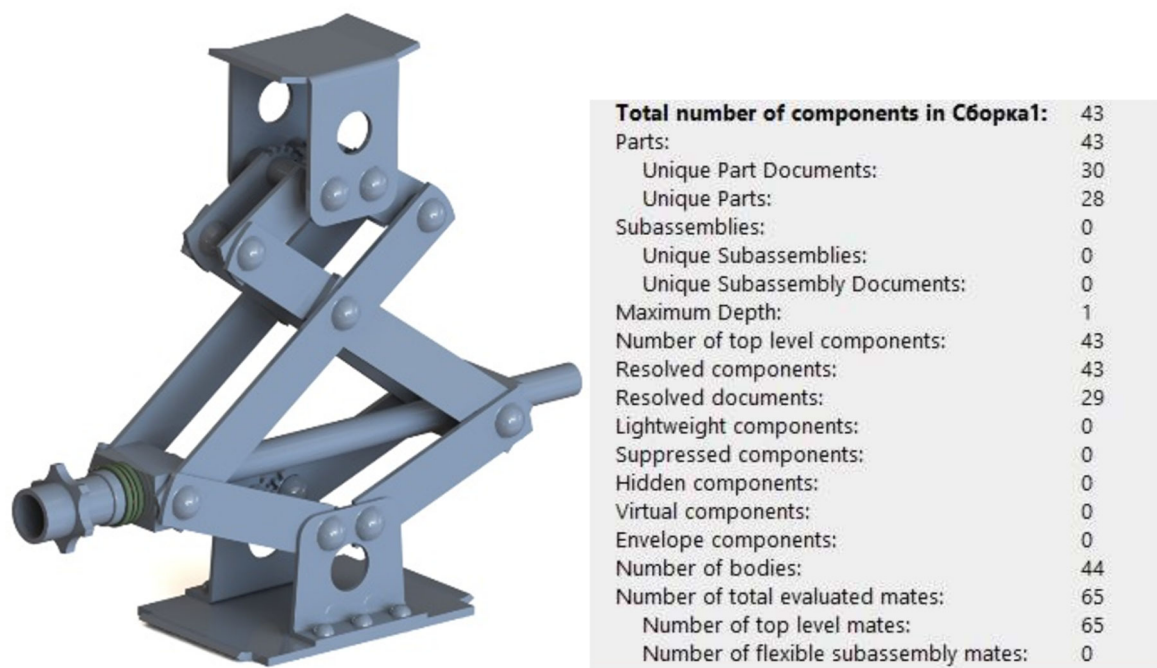


Рис. 1. – Розроблена комп'ютерна модель ромбічного домкрату

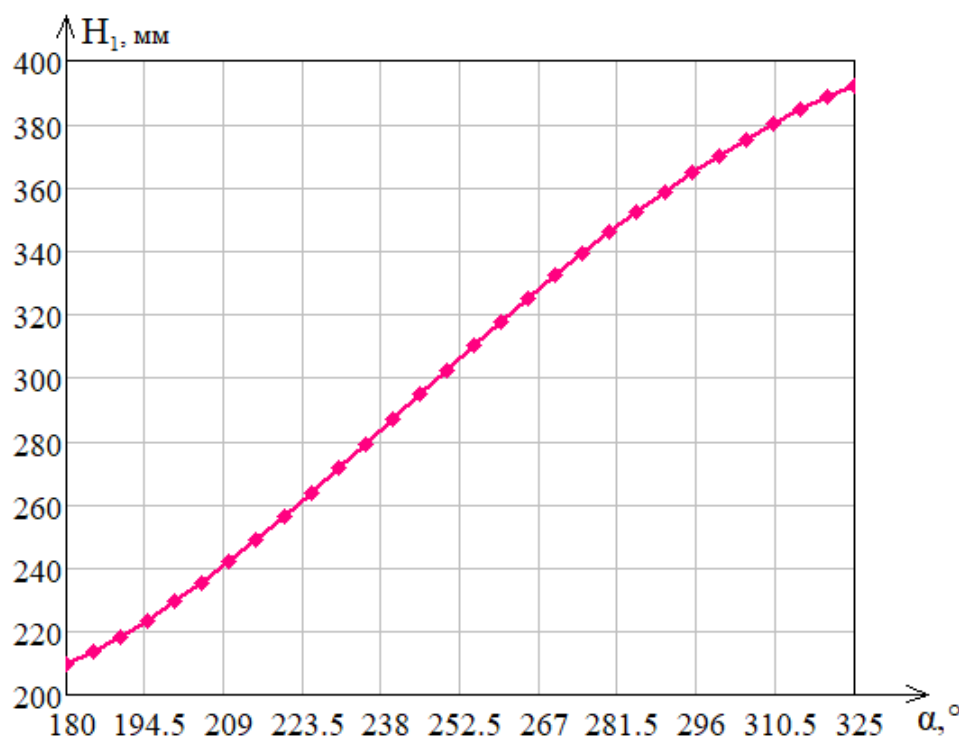


Рис. 2. – Залежність висоти підйому домкрату (H_1) від кута між середніми стояками (α)



Графік можна описати ступеневим поліномом:

$$H_1 = 0,0000002\alpha^4 - 0,0002\alpha^3 + 0,105\alpha^2 - 18,78\alpha + 1349,65 \quad (1)$$

Завдяки даному лабораторному практикуму школярі матимуть можливість вивчати наступні предмети: «Інформатику» – завдяки створенню 3D-моделей, за допомогою програми SolidWorks; «Фізику» – шляхом вивчення фізичних принципів, що застосовуються у твердотілій механіці та механізмах; «Креслення» – за допомогою дослідження та виконання вимог національних стандартів у машинобудуванні (ДСТУ). Цей практикум надає можливість краще зрозуміти концепції і техніки в машинобудуванні та інженерії.

Практичне значення роботи полягає в тому, що результати науково-дослідної роботи будуть використані під час розробки курсу лабораторних робіт з фізики, інформатики, технологій для учнів профільних закладів, а також на кафедрі інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка» з предметів «Тривимірне комп'ютерне конструювання» та «Основи комп'ютерного інжинірингу».

У роботі було застосовано технологію VR для розбору 3D моделі домкрату. Застосовуючи її стає можлива візуалізація простих і складних механізмів, фізичних процесів тощо. Під час роботи з VR, відбувається повне занурення користувача в інтерактивне середовище, котре необхідно вивчити.

Перейдемо до переваг застосування VR в навчанні та інженерії. По перше, можливість створювати цифрові-інтерактивні середовища, котрі дозволяють школярам та студентам експериментувати, розвивати свої навички без ризику поранення чи пошкодження обладнання. По друге, можливість знизити затрати на матеріали та обладнання, які потрібні для реалізації практичних занять. По третє, можливе створення симуляцій, які неможливо здійснити в реальному житті, наприклад, керування літаком, чи занурення в глибоководний об'єкт, це дозволяє, не виходячи з аудиторії, підготувати фахівців до реальних ситуацій. На сам кінець, впровадження VR до навчання збільшує мотивацію учнів, робить процес навчання захоплюючим та цікавішим.

На підставі цього, побудовану комп'ютерну модель було перенесено до VR. Задля цього додатково застосовувався модуль eDrawing, адже на даний момент відсутня можливість прямої інтеграції збірок чи деталей із САПР SolidWorks до середовища Віртуальної реальності.

Робота пройшла апробацію на семінарі «Віртуальна реальність», котрий відбувся 19 березня в НТУ «Дніпровська політехніка» (Рис. 3). Усі при-

сутні мали можливість випробувати на собі цифрове середовище з інтегрованим ромбічним домкратом у нього. За результатами семінару, робота отримала схвальні відгуки.



Рис. 3. – Семінар «Віртуальна реальність»

Висновок. У даній роботі, розглянуто використання сучасних комп'ютерних технологій для зворотного інжинірингу ромбічного домкрату, на базі розробки лабораторного практикуму для школярів. Застосовано технологію віртуальної реальності, яка покращує сприймання складної інформації та зацікавлює школярів у STEM предметах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Літовченко П.І. Деталі машин: навч. посіб. / П.І. Літовченко – Харків: НАНГУ, 2015. 302 с.
 2. Гмурман В.Е. Теорія ймовірності та математична статистика: посібник для вузів / В.Е. Гмурман. – 7-е вид., стер. – М.: Вищ. шк., 1999.–479 с.
 3. Kapil Chalil Madathil, Kristin Frady, Rebecca Hartley, Jeffrey Bertrand, Myrte de Alfred & Anand Gramopadhye, «An Empirical Study Investigating the Effectiveness of Integrating Virtual Realitybased Case Studies into an Online Asynchronous Learning Environment”, *Computers in education journal*, vol. 8, no. 3, September 2017.
- Малуєв П.А. Зворотний інжиніринг ромбічного домкрату на основі САПР SOLIDWORKS / П.А. Малуєв, Д.Р. Захарова // Матеріали XX Міжнар. наук.-техн. ЧИТАННЯ» (Дніпро, 27 січня 2023 року). – Д.: НТУ «ДП», 2023 – С. 79–80.

УДК 624

ПРО ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАСТИКОВОЇ ГАЙКИ У НАВАНТАЖЕНІЙ ГВИНТОВІЙ ПЕРЕДАЧІ

І.М. Мацюк¹, Є.М. Іванченко²

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: matsiuk.i.m@nmu.one

²магістр спеціальності 132 «Матеріалознавство», e-mail: ivanchenko.y.m@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м Дніпро, Україна

Анотація. В роботі викладено результати проектування гвинтової передачі гальмівної системи рудникового електровозу АМ8Д із пластиковою гайкою.

Ключові слова: гвинтова передача, гайка, пластик, 3D-модель, моделювання.

ABOUT THE APPLICATION OF PLASTIC NUT IN LOADED SCREW GEAR

Iryna Matsiuk¹, Yelyzaveta Ivanchenko²

¹Ph.D., Associate Professor, e-mail: matsiuk.i.m@nmu.one

²Student, e-mail: ivanchenko.y.m@nmu.one

^{1,2}Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The work presents the results of the design of the helical transmission of the brake system of the AM8D mine electric locomotive with a plastic nut

Keywords: screw gear, nut, plastic, 3D model, modeling

Вступ. Впровадження нових видів матеріалів є однією з умов економічного зростання. Розробка, впровадження у виробництво нових видів матеріалів має велике значення, як засіб усунення залежності від скорочення запасів корисних копалин. Актуальною проблемою є виснаження покладів металевих руд.

У процесі проектування нових деталей конструктор намагається створити виріб, що перевершує існуючі аналоги щодо якості, продуктивності, вартості, ергономічності тощо.

Оскільки пластик забезпечує міцність, довговічність і корозійну стійкість до хімічних речовин і погоди, він поступово витісняє метал як домінуючу тенденцію для промислового застосування.

Мета роботи. Розглянути принципову можливість застосування пластикової гайки у навантаженій гвинтовій передачі на прикладі такої у гальмівній системі рудникового електровозу АМ8Д.

Матеріал і результати досліджень. Електровоз АМ8Д (рис. 1) є двовісним локомотивом з індивідуальною підвіскою рами та з однією кабіною [1]. Електровози обладнані двома гальмівними системами: електричною та механічною. Електричне гальмо є основним типом робочого гальма. Механічне гальмо (рис. 2) застосовується для аварійної зупинки електровоза та гальмування на стоянках.



Рис. 1. – Електровоз АМ8Д

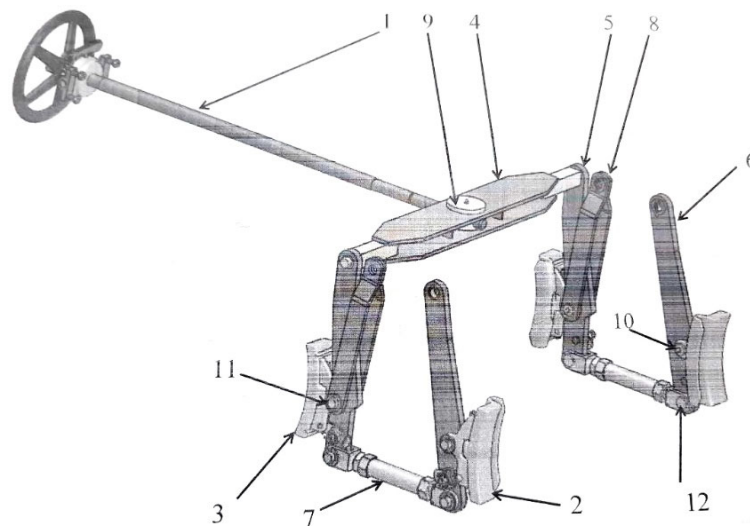


Рис. 2. – Механічна гальмівна система АМ8Д

Для гальмування електровозу машиніст за допомогою штурвалу обертає гвинт 1 у гайці 9, що встановлена у коромислі 4. Коромисло діє на гальмівні важелі 5, які притискають чавунні гальмівні колодки 2, 3 до ободів колес. Виникаюча сила тертя реалізується у вигляді гальмівної сили між колесами та рейками. Гальмівні важелі підвішені на важелях 6, 8. Зазори між колодками та ободами колес регулюються гальмівними стяжками 7. Шарнірне з'єднання деталей гальмівної системи забезпечується пальцями 10, 11, 12.

Гайка 9 (рис. 3) виготовлена з чавуну марки СЧ 12-28 і має масу 2,8 кг.

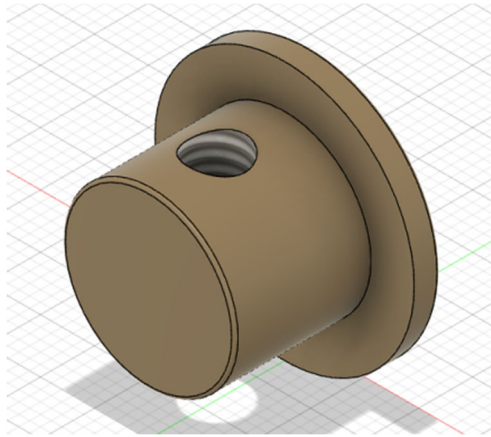


Рис. 3. – 3D-модель гайки коромисла гальмівної системи

В Україні відоме підприємство, що пропонує на ринку різні пластикові гайки. Це товариство з обмеженою відповідальністю "ТД "Вектор" з офісом у м. Київ. В [2] пропонується ходові гайки верстатів із пластику Zedex виробництва Wolf Kunststoff-Gleitlager GmbH. В [3] представлена широка гама полімерних ходових гайок підіймачів для СТО також з німецького полімера Zedex. Наприклад, на рисунку 4 наведено ходові гайки для горизонтального транспортного пристрою паперорізальної машини.



Рис. 4. – Ходові гайки з пластику Zedex

Ці гайки з трапецеїдальною різьбою працюють під навантаженням 8000 Н і частоті обертання 540 об/хв. Такою гайкою замінили бронзову, що привело до зниження експлуатаційних витрат так, як гайка з пластика не вимагала мастила і обслуговування і також було зменшено енергоспоживання за рахунок зменшення тертя в різьбовій передачі.

На рисунку 5 зображено гайку автомобільного електрогідравлічного підіймача «Гетьман» з вантажопідйомністю 4 тони.

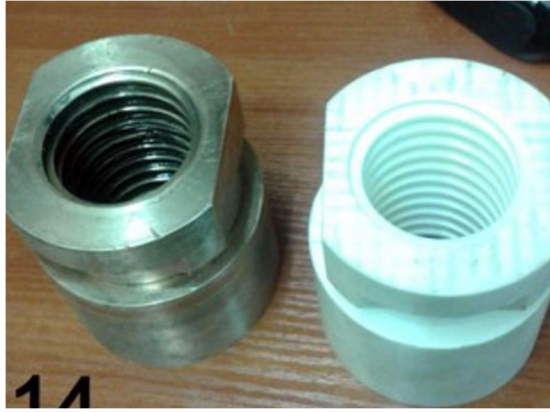


Рис. 5. – Гайки підіймача Гетьман (бронзова та пластикова)

Ця інформація нашоувхнула авторів на думку про заміну чавунної гайки коромисла гальмівної системи електровозу АМ8Д на пластикову.

На ринку полімерів отримав велику популярність пластик РЕЕК (поліефірефіркетон).

Це тугоплавкий напівкристалічний пластик, що має високу міцність. Він відрізняється стійкістю до високих температур, надзвичайно високою жорсткістю і стійкістю до ударів. У промисловості матеріал РЕЕК застосовується з метою виробництва деталей і компонентів для аерокосмічної та автомобільної промисловості, а також в медичній сфері. Це оптимальний пластик для технічного застосування в 3D друці.

Пластик Zedex - термопластичний композиційний синтетичний матеріал, що складається на 98% з РЕЕК. Деталі із матеріалів ТМ Zedex здатні тривалий час працювати без застосування мастильних матеріалів.

Завдяки вкрай низькому коефіцієнту тертя на суху (лише 0,08), достатньої міцності та жорсткості використання матеріалів ТМ Zedex дозволяє уникнути процесу змащування і таким чином заощаджувати мастильні матеріали та час.

Для визначення навантаження на гайку коромисла прийняті такі дані:

- зчпна маса електровозу, $t = 8$;
- вертикальне навантаження на одне колесо – $G \approx 20\,000\text{ Н}$;
- розрахунковий коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою (рейки сухі чисті) – 0,24;
- коефіцієнт тертя чавунної гальмівної колодки о сталевий бандаж колеса – 0,35.

В результаті отримано розрахункове поздовжнє навантаження на гайку з боку гвинта 8800 Н .

Дослідження можливості використання пластикової гайки замість чавунної проведено у комп'ютерній програмі Fusion 360 американської компанії Autodesk [4].

Для цього була розроблена 3D-модель гайки, яку потім дослідили за допомогою опції Simulation. На рисунку 6 наведено властивості створеної гайки, а на рисунку 7 – результати визначення механічних напружень у гайці при дії навантаження у 8800 Н.

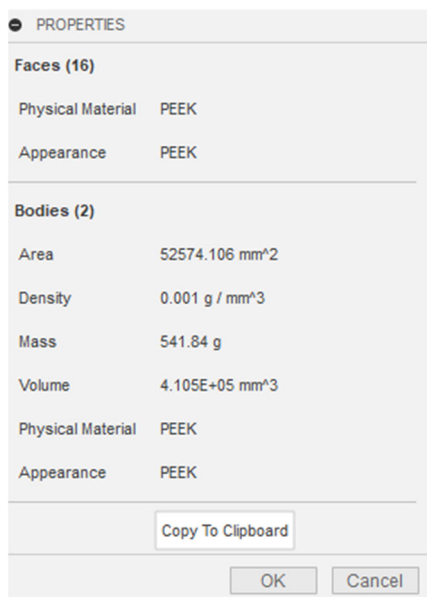


Рис. 6. – Властивості гайки з пластику PEEK

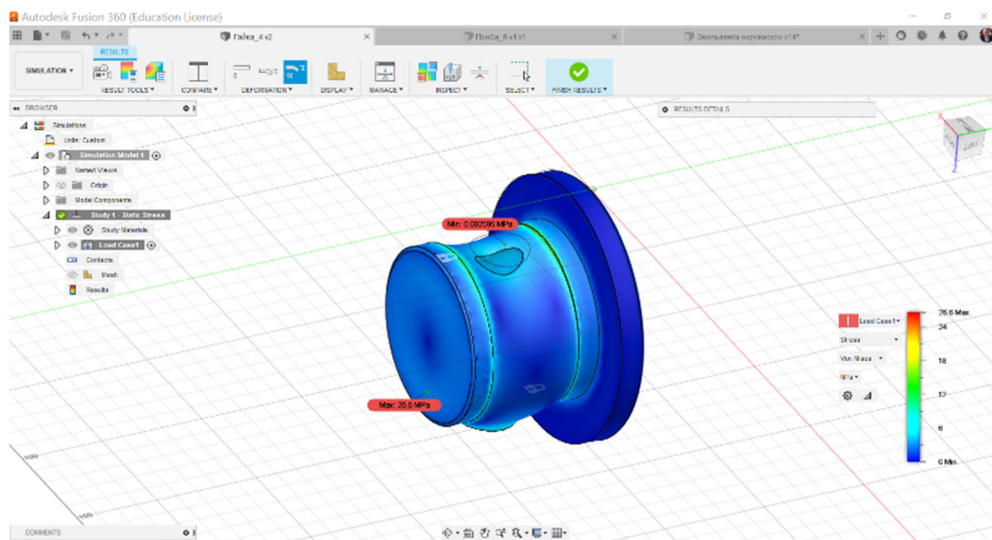


Рис. 7. – Моделювання навантаження 3D-модельї гайки поздовжнім зусиллям 8800 Н

Максимальне напруження стискання дорівнює 26,6 МПа тоді, як границя міцності на розтягання для цього пластику складає 90-100 МПа.

Висновок: Чавунну гайку у коромислі гальмівної системи рудникового електровозу АМ8Д можна замінити на пластикову з пластику PEEK, що дозволить зменшити її масу (з 2,8 до 0,55 кг), відмовитись від періодичного змащування та збільшити термін її придатності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коптовець О.М. Основи теорії транспорту. Навчальний посібник та методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни для студентів напряму підготовки 6.050301 «Гірництво» / М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2015. – 39 с. – Режим доступу: http://tst.nmu.org.ua/ua/Posob_Koptovets.pdf.
2. Сайт ТОВ "ТД "Вектор", Київ. Ходові гайки верстатів із пластику Zedex виробництва Wolf Kunststoff-Gleitlager GmbH. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sealtd.com.ua/zedex-uk/zedex-machine-nut-uk.php>. 21.02.2023р.
3. Сайт ТОВ "ТД "Вектор", Київ. Полімерні ходові гайки підіймача та автопідіймача для СТО з німецького полімера Zedex. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sealtd.com.ua/zedex-uk/zedex-machine-nut-uk.php>. 21.02.2023р.
4. Autodesk | 3D Design, Engineering & Entertainment Software [Electronic resource]. URL: <http://www.autodesk.com/>

УДК 621.878.27

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗУСИЛЬ В ЕЛЕМЕНТАХ ТЯГОВОЇ РАМИ
СКРЕПЕРАМ.О. Побийпеч¹, А.В. Хорошун², М.М. Балака³¹студент групи БМО-31, e-mail: pobyipech_mo@knuba.edu.ua²студентка групи ІЛС-41, e-mail: khoroshun_av@knuba.edu.ua³доцент кафедри будівельних машин, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua^{1,2,3}Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. У роботі наведено методику визначення недостатніх зусиль, що діють на елементи тягової рами скрепера під час експлуатації на об'єктах дорожнього будівництва. Складання основної та еквівалентної систем з побудовою епюр моментів сил дають наочне уявлення про навантажений стан елементів тягової рами.

Ключові слова: скрепер, тягова рама, реакція, еюра моментів.

DETERMINATION OF THE DESIGN FORCES IN THE SCRAPER TRACTION
FRAME ELEMENTSMakar Pobyipech¹, Anastasiia Khoroshun², Maksym Balaka³¹Student of BMO-31 group, e-mail: pobyipech_mo@knuba.edu.ua²Student of ILS-41 group, e-mail: khoroshun_av@knuba.edu.ua³Associate Professor of Building Machinery Department, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua^{1,2,3}Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. The determination methodology of the insufficient forces is given in the paper, which acts on the scraper traction frame elements during operation at road construction sites.

Assembling the main and equivalent systems by diagramming the force moment gives a visual representation of the loaded state for the traction frame elements.

Keywords: scraper, traction frame, reaction, moment diagram.

Вступ. Робочі процеси землерійно-транспортних машин характеризуються подоланням опорів ґрунту на робочих органах за рахунок сили тяги ходового обладнання і транспортуванням розробленого масиву ґрунту на задану відстань [1, 2]. Зауважимо, що самохідні скрепери найбільш повно поєднують властивості тягових та транспортних машин, які дозволяють досягти високих техніко-економічних показників виконання земляних робіт.

Скрепер – землерійно-транспортна машина циклічної дії, призначена для пошарового зрізання ґрунту та наповнення ним ковша, переміщення ґрунту на задану відстань до місця вивантаження в залежності від проекту виконання земляних робіт. Раціональна відстань переміщення ґрунту для причіпних скреперів становить близько 500 м, для самохідних – до 2...3 км, а в окремих випадках до 5 км. Скрепери застосовуються при спорудженні земляних насипів та виїмок, плануванні будівельних майданчиків.

Відомо, що робочі операції скрепери виконують під час руху по бездоріжжю або примітивно підготовлених ґрунтових поверхнях, вид і стан яких може суттєво вплинути на стійкість скрепера [3, 4]. Під час руху по ґрунтових опорних поверхнях швидкість руху скрепера знижується оператором через неприпустимий за комфортними відчуттями рівень коливань, що виникають на робочому місці в кабіні оператора.

Особливістю металоконструкцій вузлів скрепера є використання спеціальних штампованих профілів та автоматичного зварювання, що значно полегшує вагу машини [2, 5]. Водночас слід враховувати зусилля, що діють на елементи тягової рами, для надійної та ефективної роботи скрепера.

Мета роботи полягає у визначенні недостатніх зусиль, що діють на елементи конструкції тягової рами скрепера, на основі розрахункових схем для навантаженого стану скрепера у заданих умовах експлуатації.

Матеріал і результат досліджень. За розрахункове для тягової рами приймається положення, що відповідає початку виймання з ґрунту цілком завантаженого ковша скрепера наприкінці процесу копання [6].

Складаємо рівняння діючих моментів сил відносно осі Z (рис. 1)

$$\sum M_z = -R_{ox} \cdot b + 2F_{\zeta} \cdot \sin \alpha \frac{b}{2} - R_{D1} \cdot \frac{b}{2} + R_{C1} \frac{b}{2} = 0, \quad (1)$$

звідси складова реакції в місці кріплення тягової рами до стінки ковша

$$R_{ox} = \frac{2F_{\zeta} \cdot \sin \alpha \frac{b}{2} - R_{D1} \frac{b}{2} + R_{C1} \frac{b}{2}}{b},$$

де $2F_{\zeta}$ – зусилля в гідроциліндрах підйому скреперного ковша; R_{D1} , R_{C1} – реакції сидельно-зчіпного пристрою.

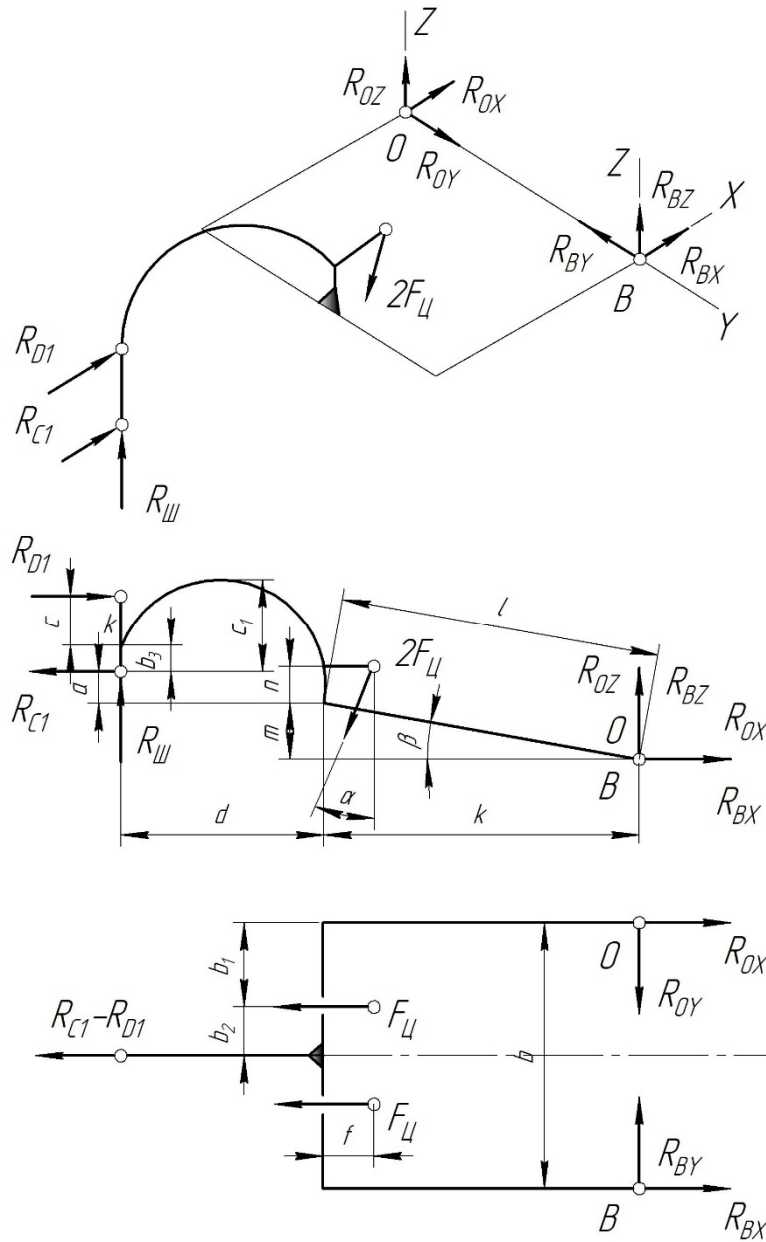


Рис. 1. – Розрахункова схема для визначення реакцій в елементах тягової рами скрепера

Складаємо рівняння діючих моментів сил відносно осі Z'

$$\sum M'_Z = R_{BX} \cdot b - 2F_{\zeta} \cdot \sin \alpha \frac{b}{2} + R_{D1} \cdot \frac{b}{2} - R_{C1} \frac{b}{2} = 0, \quad (2)$$

звідси складова реакції визначатиметься за виразом

$$R_{BX} = \frac{2F_{\zeta} \cdot \sin \alpha \frac{b}{2} - R_{D1} \frac{b}{2} + R_{C1} \frac{b}{2}}{b}.$$

Складаємо рівняння проєкцій сил на вісь $Z (Z')$. Враховуючи симетрію накладання навантаження і симетрію рами, знаходимо реакції $R_{BZ} = R_{OZ}$

$$\sum Z = R_{BZ} + R_{OZ} + R_{\omega} - 2F_{\omega} \cos \alpha, \quad (3)$$

де R_{ω} – реакція сідельно-зчпного пристрою тягача.

На реакції R_{BY} та R_{OY} здійснюють вплив тільки зусилля, які лежать в площині тягової рами скрепера (рис. 2). Визначимо наступні величини:

$$R_1 = R'_{C1} - R'_{D1} + R'_{\omega}; \quad R_2 = R'_2 = F_{\omega} \cdot \sin \alpha \cos \beta;$$

$$R'_{C1} = R_{C1} \cdot \cos \beta; \quad R'_{D1} = R_{D1} \cdot \cos \beta; \quad R'_{\omega} = R_{\omega} \cdot \sin \beta.$$

Кут β визначаємо через $\operatorname{tg} \beta = m/k$.

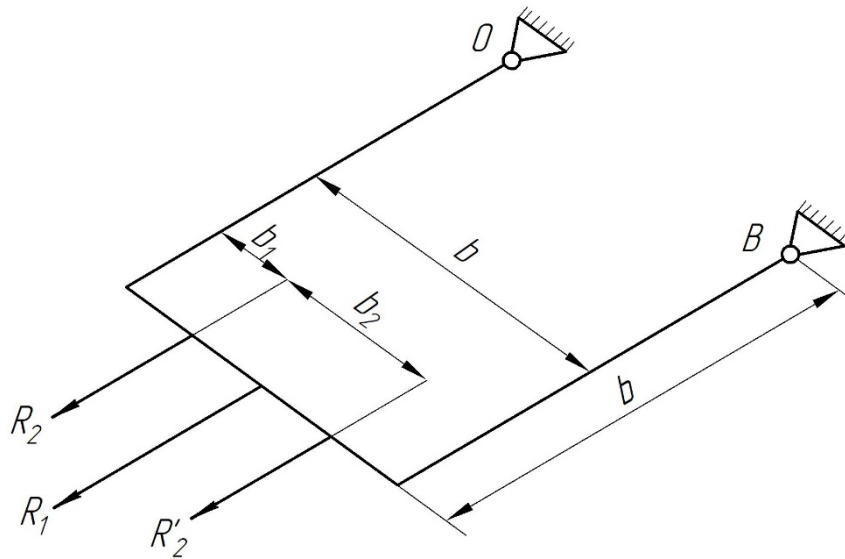


Рис. 2. – Схема для визначення реакцій в площині тягової рами

Складаємо основну і еквівалентну системи (рис. 3) та канонічне рівняння методу сил. Тягова рама скрепера на схемі є один раз статично невизначеною системою. Основна система матиме наступний вигляд.

Еквівалентну систему зображуємо з невідомим зусиллям X_1 , що привене замість відкинutoї зайвої в'язі.

Канонічне рівняння запишемо у вигляді:

$$X_1 \delta_{11} + \Delta_{1F} = 0, \quad (4)$$

звідси знаходимо невідоме зусилля $X_1 = -\frac{\Delta_{1F}}{\delta_{11}}$.

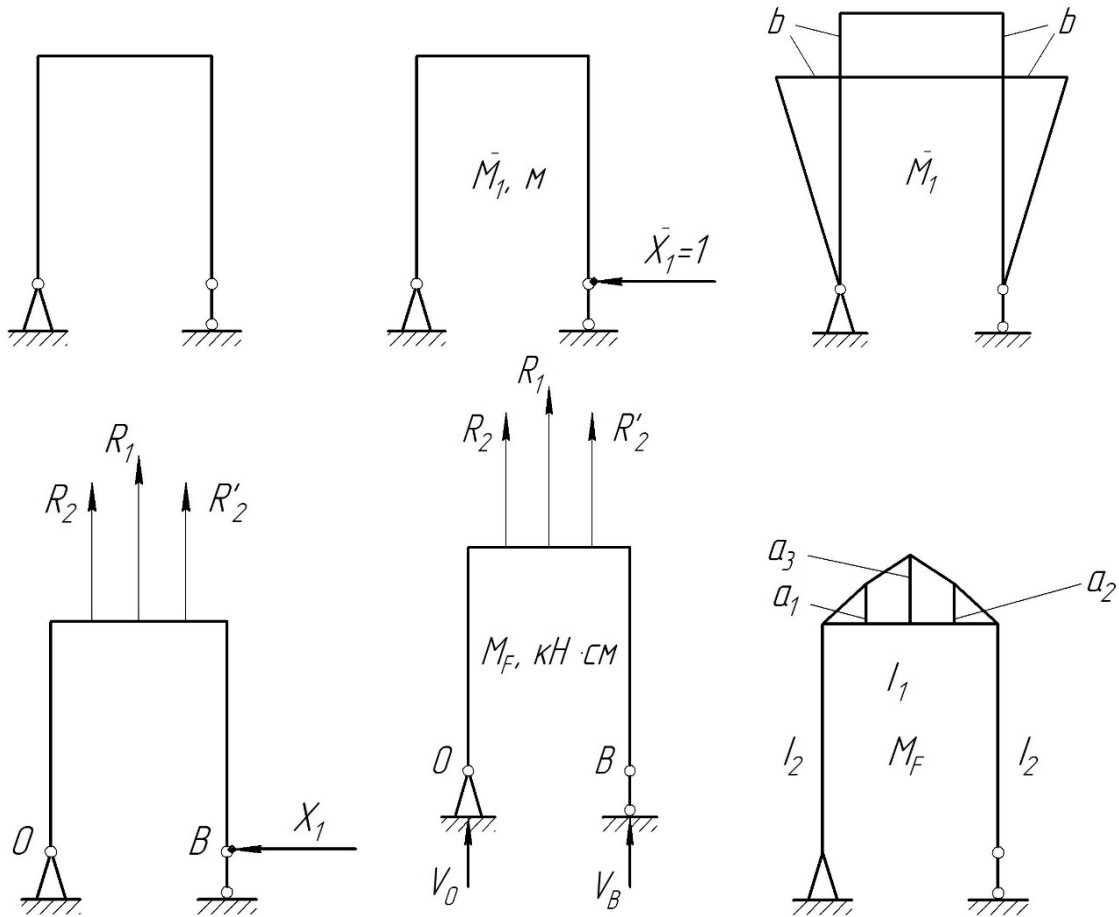


Рис. 3. – Епюри діючих моментів сил в елементах тягової рами для основної та еквівалентної систем відповідно

Виконуємо побудову епюр моментів \bar{M} та \bar{M}_F , що характеризують навантажений стан в елементах тягової рами скрепера (див. рис. 3).

Ординати M_F визначаємо за виразами:

$$a_1 = a_2 = \frac{2F_{\text{ц}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta + R'_{\text{C1}} - R'_{\text{D1}} + R'_{\text{ш}}}{2} \cdot b_1;$$

$$a_3 = \frac{2F_{\text{ц}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta + R'_{\text{C1}} - R'_{\text{D1}} + R'_{\text{ш}}}{2} - \frac{2F_{\text{ц}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta \cdot b_2}{2}.$$

Далі визначаємо вільний та вантажний коефіцієнти і зайву невідому.

Визначаємо моменти інерції I_1 та I_2 :

$$I_1 = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}; \quad I_2 = \frac{BH^3}{12} - \frac{B_1H_1^3}{12}. \quad (5)$$

Визначаємо площу ω , яка утворюється епюрою зовнішніх навантажень M_p

$$\omega = \frac{b_1 \cdot a_1 \cdot 2}{2} + 2 \cdot b_2 \cdot a_1 + \frac{2b_2(a_3 - a_1)}{2}. \quad (6)$$

Визначаємо коефіцієнт δ_{11}

$$\delta_{11} = \frac{1}{EI_2} \cdot \frac{1}{2} \cdot l \cdot l \cdot \frac{2}{3} \cdot l \cdot 2 + \frac{1}{EI_1} \cdot l \cdot b \cdot l = \frac{2l^3}{3EI_2} + \frac{bl^2}{EI_1}. \quad (7)$$

Визначаємо коефіцієнт Δ_{1F}

$$\Delta_{1F} = \frac{1}{EI_1} \cdot \omega \cdot l. \quad (8)$$

Знаючи значення коефіцієнтів δ_{11} та Δ_{1F} знаходимо зусилля X_1

$$X_1 = -\frac{\Delta_{1F}}{\delta_{11}}. \quad (9)$$

Після чого побудуємо кінцеві епюри згинальних моментів і здійснимо перевірку правильності побудови.

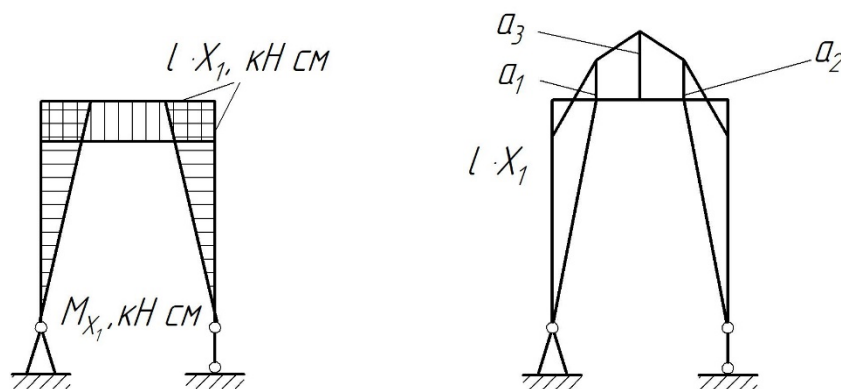


Рис. 4. – Епюри згинальних моментів в елементах тягової рами

Оскільки зусилля X_1 вийшло від'ємним значенням, то епюра згинальних моментів матиме вигляд, де $l \cdot X_1$ (рис. 4). Кінцеві епюри згинальних моментів наведено вище, де $a_1 + l \cdot X_1$; $a_2 + l \cdot X_1$; $a_3 + l \cdot X_1$.

Висновки. Наведена методика визначення недостатніх зусиль, що діють на елементи тягової рами, дозволяє розрахувати навантажений стан скрепера у заданих умовах експлуатації. У подальшому слід визначити згинальні моменти та напруження в заданих перерізах тягової рами скрепера, а також перевірити міцність перерізів та зварних з'єднань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балака М. М. Дослідження часового фактору зносу протектора шин самохідного скрепера. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Харків, 2021. Вип. 92, т. 2. С. 116–121. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.92.2.116> (дата звернення: 31.03.2023).
2. Сукач М. К., Горбатюк Є. В., Марченко О. А. Синтез землерийної і дорожньої техніки. К.: Вид-во Ліра-К, 2017. 376 с.

3. Балака М. М., Кім А. О., Міщук Д. О., Ходневич М. М. Особливості робочого циклу і організації скреперних робіт. *Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України: тези доповідей Міжнар. наук.-практ. онлайн конф.* (23–24 верес. 2021 р., м. Київ). К.: НУБіП, 2021. С. 16–18.

4. Balaka M., Gorbatyuk Ie., Mishchuk D., Prystailo M. Characteristic properties of support surfaces for self-propelled scrapers motion. *Fundamental and applied research in the modern world: Abstracts of the 6th International scientific and practical conference* (January 20–22, 2021). BoScience Publisher. Boston, USA, 2021. Pp. 53–58. ISBN 978-1-73981-124-2. URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-fundamental-and-applied-research-in-the-modern-world-20-22-yanvarya-2021-goda-boston-ssha-arhiv/> (дата звернення: 31.03.2023).

5. Балака М. М., Педоряка М. В. Сучасні тенденції розвитку скреперного обладнання. *Енергоощадні машини і технології: тези доповідей II Міжнар. наук.-техн. конф.* (29 верес. – 01 жовт. 2015 р., м. Київ). К.: КНУБА, 2015. С. 59.

6. Горбатюк Є. В., Воляннюк В. О., Терентьев О. О., Свідерський А. Т. Проектування металоконструкцій будівельних машин. К.: Компринт, 2021. 283 с.

УДК 621.9:004.9

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ СКЛАДАННІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Д.О. Прищеп¹, Є.Ю. Щербина², В.А. Дербаб³

¹студент групи 131м-22н-1, e-mail: pryshchepa.d.o@nmu.one

²аспірант групи 131А-21-2, e-mail: shcherbyna.y.y@nmu.one

³кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства, e-mail: derbaba.v.a@nmu.one

^{1,2,3}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі виконується розв'язання науково-технічної задачі, пов'язаної з технологічним забезпеченням високопродуктивної механічної обробки деталі з чавуна шляхом оптимізації режимних параметрів та управління її оброблюваністю інструментом з твердих сплавів на багатоцільових верстатах з ЧПК за умов використання CAD-CAM систем.

Ключові слова: точіння, верстат, чавун, інструментальний матеріал, технологія, стійкість, ріжучий інструмент, режими різання, CAD, CAM.

SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE MODE PARAMETERS OPTIMIZATION WHEN ASSEMBLING THE MECHANICAL PROCESSING AUTOMATED TECHNOLOGY ON MACHINES WITH CNC

Dmytro Pryshchep¹, Evhen Shcherbyna², Vitalii Derbaba³

¹Student of group 131м-22н-1, e-mail: pryshchepa.d.o@nmu.one

²Postgraduate student of group 131A-21-2, e-mail: shcherbyna.y.y@nmu.one

³Ph.D., Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technologies and Materials Science, e-mail: derbaba.v.a@nmu.one

^{1,2,3}Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper deals with solving a scientific and technical problem related to the technological support of high-performance machining of a cast iron part by optimizing the operating parameters and controlling its machinability with a hard-alloy tool on multi-axis CNC machines using CAD-CAM systems.

Keywords: turning, machine, cast iron, tool material, technology, stability, cutting tool, cutting modes, CAD, CAM.

Вступ. Сьогодні без комп'ютерної автоматизації вже неможливо виробляти сучасну складну техніку, що вимагає високої точності. У всьому світі відбувається різке зростання комп'ютеризації на виробництві та в побуті. Впровадження комп'ютерних і телекомунікаційних технологій підвищує ефективність і продуктивність праці.

В сьогоднішній спостерігається швидкий розвиток систем автоматизованого проектування (САПР) в таких галузях, як авіабудування, автомобілебудування, важке машинобудування, архітектура, будівництво, нафтогазова промисловість, картографія, геоінформаційні системи, а також у виробництві товарів народного споживання, наприклад побутової електротехніки. [1, 2]. САПР в машинобудуванні використовується для проведення конструкторських, технологічних робіт, у тому числі робіт з технологічної підготовки виробництва. За допомогою САПР виконується розробка креслень, проводиться тривимірне моделювання виробу та процесу складання, проектується допоміжна оснастка, наприклад штампи і прес-форми, складається технологічна документація та керуючі програми (КП) для верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ), складається база даних. Сучасні САПР, САМ системи застосовуються для наскрізного автоматизованого проектування, технологічної підготовки, аналізу і виготовлення виробів в машинобудуванні, для електронного управління технічною документацією.

САМ системи були створені і тепер набули широкого поширення. Однак, на жаль, першими розробниками таких систем були фахівці з програмування, накреслювальної геометрії та, в останню чергу, фахівці з металообробки. В результаті такі системи блискуче вирішують завдання проектування формоутворюючих рухів для виготовлення поверхонь майже будь-якої складності, але не враховують, що така поверхня утворюється на верстаті в результаті процесу різання, який має силові, температурні збурення, знос інструменту і т.п. Склалася ситуація, коли з боку обладнання

з'явилися можливості управління процесом різання у широкому діапазоні, а з боку САМ систем такі можливості ігноруються чи просто не використовуються. Така суперечність є рушійною силою подальшого розвитку металообробки різанням, теорії різання [3].

Мета роботи і постановка задачі. Оптимальним управлінням вважатимемо такий вплив на процес різання, що у кожний час забезпечує максимум продуктивності (мінімум собівартості) при задоволенні всім умовам обмежень. У цьому розумінні завдання оптимізації є однокритеріальною і може бути вирішена класичними методами нелінійного програмування, тобто можуть бути однозначно визначені оптимальні керуючі дії. Під керуючими впливами зазвичай розуміють подовжню подачу на оборот заготівлі та швидкість різання, а глибину різання вважають головним обуренням. Таким чином, теоретично, для заданих умов токарної обробки існують такі постійні значення поздовжньої подачі на оборот заготівлі та швидкості різання, що призводять до максимуму продуктивності. Однак, на практиці, при виконанні будь-якого процесу різання жоден із його параметрів не залишається постійним. Це визначається безперервною зміною, як зовнішніх збурень, і характеристик самої технологічної обробної системи (ТОС) [4].

В кожний момент часу процесу підтримки його вихідних характеристик оптимальному рівні необхідно безупинно визначати нові оптимальні величини керуючих впливів та діяти ними на процес різання. Таким чином, оптимальне управління має бути перманентним, враховувати змінні умови різання та виконуватися автоматично. Для задоволення таким вимогам найбільше підходять САУ, які керують подачею, швидкістю різання, а іноді і глибиною різання [5].

Щодо практичного застосування процесу оптимізації. Необхідно проаналізувати креслення досліджуемого виробу та матеріал з якого планується його виготовляти. Проаналізувати конструкцію деталі на технологічність за якісними і кількісними показниками та надати характеристику об'єкту виробництва.

Потрібно виконати тривимірну модель в САД-системі, яка слугуватиме цифровим еталоном для подальшої її механічної обробки в САМ-системі та розрахунку керуючої програми для верстата з ЧПК.

Отримані результати оптимізованих режимів різання при точінні підставити до інтерфейсу спеціалізованої інженерної програми та отримати оптимальну керуючу програму (NC-файл) для верстата з ЧПК.

Основна частина. Основні труднощі реалізації оптимального управління за допомогою замкнутої системи автоматизованого управління (САУ) обумовлені принциповою неможливістю створення вимірювального

приладу продуктивності або собівартості, щоб застосовувати його як датчик зворотного зв'язку. Тому оптимально керувати процесом різання можна тільки на основі оцінки допоміжних параметрів, пов'язаних з необхідним критерієм оптимальності відповідної апріорної математичної моделі.

У сучасних САУ-системах технологічної підготовки виробництва найбільш раціональним є оптимальне керування, яке реалізовано програмними засобами. Взагалі, для оцінки обурень та отримання інформації про фактичний хід процесу різання в САУ оптимального управління застосовують різноманітні підходи, що ґрунтуються на непрямому вимірі припуску, температура зони різання, темпи зношування інструменту. Найбільш близьким до запропонованої САУ є метод, який оцінює процес за поточним значенням перерізу шару припуску, що зрізається [1, 2].

Тому програмне забезпечення САУ оптимального управління має мати таку структуру (рис. 1).

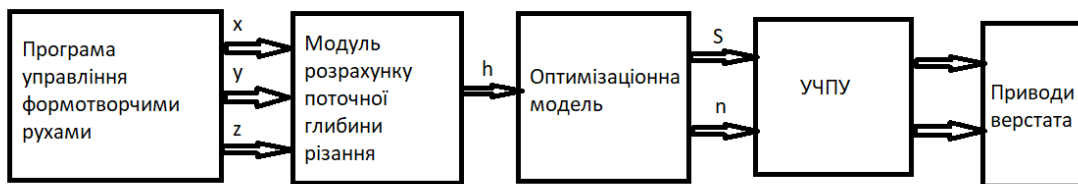


Рис. 1. – Структура САУ оптимального управління

Первинна інформація про хід процесу різання, крім констант, які вводяться раніше, виходить з модуля розрахунку поточної глибини різання, який пов'язаний із програмою управління формоутворюючими рухами. далі, Відповідно до оптимізаційної математичної моделі процесу різання визначаються оптимальні величини керуючих впливів (наприклад, подачі та швидкості різання). Розраховані таким чином величини надходять на модуль програмного управління, який виробляє команди відповідних приводів верстата.

Таким чином, основною такою САУ оптимізації процесу різання є його оптимізаційна математична модель, яка пов'язує критерій оптимізації з керуючими впливами-подачі та швидкістю різання. В результаті вирішення задачі оптимізації знаходять керуючий вплив, який забезпечує максимум продуктивності або мінімум собівартості при безумовному виконанні вимог обмежень щодо якості обробки. Крім традиційних критеріїв оптимізації (продуктивність та собівартість) залежно від результатів техніко-економічного аналізу застосовують критерій максимальної інтенсивності зняття припуску. Іноді з виробництва ставиться таке завдання-досягнення

максимальної продуктивності чи мінімальної собівартості при заданих значеннях стійкості інструмента.

Розробка математичної моделі процесу різання є найважливішим етапом створення алгоритму оптимізації. При традиційному, класичному підході математична модель будується у вигляді системи рівнянь та нерівностей, які виражають зв'язки між керуючими впливами, обмеженнями та прийнятими критеріями оптимальності на основі класичних залежностей теорії різання [5].

Для випадку обробки поздовжнім точінням за один прохід з постійною глибиною різання, що дорівнює припуску на обробку (ідеальний випадок), режим різання буде оптимальним при такому поєднанні подачі та швидкості різання, коли основний технологічний час буде мінімальним. Таке оптимальне рішення знаходять, відшукуючи такі невід'ємні значення керуючих впливів (подачі S і частоти обертання n шпинделя) при задоволенні всім обмеженням, які доставляють мінімум критерію оптимальності-технологічного часу t_0 . Таким чином, для випадку поздовжнього точіння, оптимізаційна математична модель може бути виражена наступною системою рівнянь і нерівностей. Зв'язок між управліннями S і n та періодом T стійкості інструменту, які визначають його ріжучу здатність, отримують за відомою з теорії різання залежності:

$$v = \frac{\pi D n}{5444} = \frac{C_v k_v}{T^m H^{x_v} S^{y_v}},$$

звідки

$$n S^{y_v} = \frac{75 < C_v k_v}{D T^m H^{x_v}} \quad (1)$$

де, v – швидкість різання, м/хв; π – постійна величина 3,14; n – частота обертання, об/хв; H – глибина різання, мм; T – період стійкості інструменту, хв; S – подача мм/об, m , v , x , y – виправні коефіцієнти на матеріал, сил різання, режимів обробки.

Оскільки всі залежності, що становлять математичну модель, є емпіричними, слід не забувати про розмірність фізичних величин, що входять до них. Зазвичай ці розмірності не відповідають СІ-розмірностям.

У математичній моделі (1) необхідно враховувати відомі з практики обробки в'язанням в залежності від стійкості різця не тільки від матеріалу заготовки та інструменту, а й геометричних параметрів різальної частини різця в плані. Вплив головного та допоміжного кутів у плані різця відображається відомими [7] залежностями для допустимої швидкості різання:

$$v = \frac{C_\varphi}{\varphi_{iH}}, \quad v_1 = \frac{C_{\varphi 1}}{\varphi_{iH1}}$$

Такі залежності входять до математичної моделі процесу різання, а їх вплив на обмеження (1) виконується за рахунок коефіцієнта k_v , величина якого розраховується за конкретними умовами обробки. Наступне обмеження-за потужністю різання N_p , кВт:

$$N_p = \frac{P_z \pi D n}{1000 \cdot 6 \cdot 10^4} = \frac{C_p h^{x_p} S^{y_p} k_p \pi D n}{6 \cdot 10^7} \leq N_{cm} \eta,$$

звідки
$$n S^{y_p} \leq \frac{1,91 \cdot 10^7 N_{cm} \eta}{C_p h^{x_p} k_p D}, \quad (2)$$

де N_{cm} – ефективна потужність верстата в кВт;

η – коефіцієнт корисної дії;

C_p, k_p, x_p, y_p – коефіцієнти та показники емпіричної залежності сили різання від режиму та умов обробки.

Подача, що допускається необхідною шорсткістю обробки, може бути визначена за детермінованою складовою профілю шорсткості обробленої поверхні, яка, у свою чергу, визначається за геометричними залежностями формування мікронерівностей поверхневого шару деталі для кожного з чотирьох можливих профілю [7].

Блок-схема алгоритма досліджень

Для вирішення такого завдання доцільно використати чисельний метод, який побудований за інтеративним принципом наближення із заданим кроком до вирішення відповідно до алгоритму, блок-схема якого представлена на малюнку 2.

Такі випадки визначаються співвідношеннями між геометричними параметрами вершини різця у плані (головний φ , допоміжний φ_1 кути в плані і радіус r округлення вершини різця в плані) і подачею S навпаки заготовки.

При $\varphi < \arcsin(S/2r)$ і $\varphi_1 < \arcsin(S/2r)$ виступ профілю формується перетином головного і допоміжного різальних лез інструменту, при $\varphi > \arcsin(S/2r)$ і $\varphi_1 < \arcsin(S/2r)$ виступ профілю формується перетином допоміжного різального леза і радіусною частиною вершини інструменту, при $\varphi < \arcsin(S/2r)$ і $\varphi_1 > \arcsin(S/2r)$ виступ профілю формується перетином головного різального леза і радіусної частини вершини інструменту, а при $\varphi < \arcsin(S/2r)$ і $\varphi_1 < \arcsin(S/2r)$ виступ профілю формується перетином винятково радіусних частин вершин інструменту. Таким чином, в умову визначення допустимої (по шорсткості) подачі входить сама подача, що унеможливорює отримання відповідної аналітичної залежності [1].

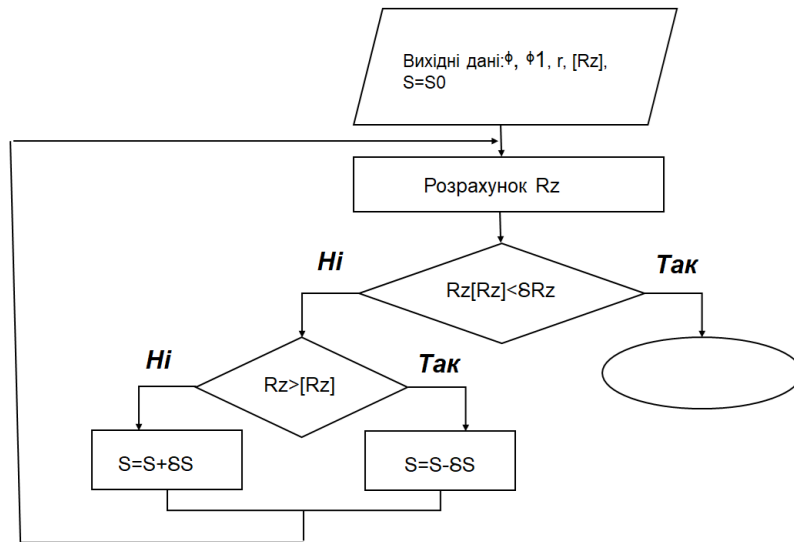


Рис. 2. – Блок-схема алгоритму

Наступне обмеження, яке накладається на поздовжню подачу, вибирається з умов міцності жорсткості ТОС. Наприклад, подача за максимальною силою, яку забезпечує привід подачі верстата, може бути розрахована за наступною залежністю:

$$[S_p]_{\text{доп}} = \left(\frac{2P_n}{C_p h^{X_p} k_p} \right)^{\frac{1}{Y_p}}$$

Подача, що допускається, вибирається як найменша з подач, які розраховані за міцністю інструменту $[S_l]_{\text{доп}}$ або тяговою силою механізму подачі верстата $[S_p]_{\text{доп}}$:

$$S \leq \min\{ [S_p]_{\text{доп}}, [S_l]_{\text{доп}} \}. \quad (3)$$

Конструктивні обмеження які визначаються за можливостями металорізального верстата:

діапазон поздовжніх подач:

$$S_{\min} \leq S \leq S_{\max}, \quad (4)$$

діапазон частот обертання шпинделя:

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max}. \quad (5)$$

Як оцінну функцію за критерієм максимальної продуктивності приймають

$$f = nS \rightarrow \max, \quad (6)$$

оскільки при цьому основний час обробки $t_0 = L/n \rightarrow \min$ (де L – довжина обробки).

Отримана математична модель (3) – (6) складає ядро прикладної програми "Оптимізація точіння" [1], яку ми будемо використовувати для оптимізація режимів різання при точінні.

Для виконання роботи використовується прикладна програма, інтерфейс представлений на малюнку 3. Інструкції та пояснення для роботи

з програмою містяться в самій програмі та з'являються на екрані монітора при натисканні кнопки "Help".

Після активації програми, введення даних відповідно до варіанта та натискання кнопки "Застосувати дані" у графічному вікні інтерфейсу з'являються всі розраховані обмеження, що утворюють область D допустимих значень частоти обертання шпинделя та подачі, яка відповідає представленим на інтерфейсі вихідним даним верстата і процесу різання. На малюнку 3.2 ця область утворена перетином наступних обмежень: 1 – мінімальна подача, 3 – мінімальна частота обертання шпинделя, 5 – мінімальна подача по шорсткості поверхні, 7 – обмеження за стійкістю інструменту, 8 – обмеження за потужністю верстата. Лінія 9 відображає функцію оптимізації за максимальною продуктивністю і задовольняє залежності (6).

Лінія 9 з'являється у графічному вікні інтерфейсу та пересувається в ньому за перехрестям мишки. Для визначення оптимальних координат області допустимих значень необхідно перевести мишку так, щоб лінія максимальної продуктивності була дотичною до найбільш віддаленої від початку координат вершини області допустимих значень, а перехрестя мишки збігалось з такою вершиною.

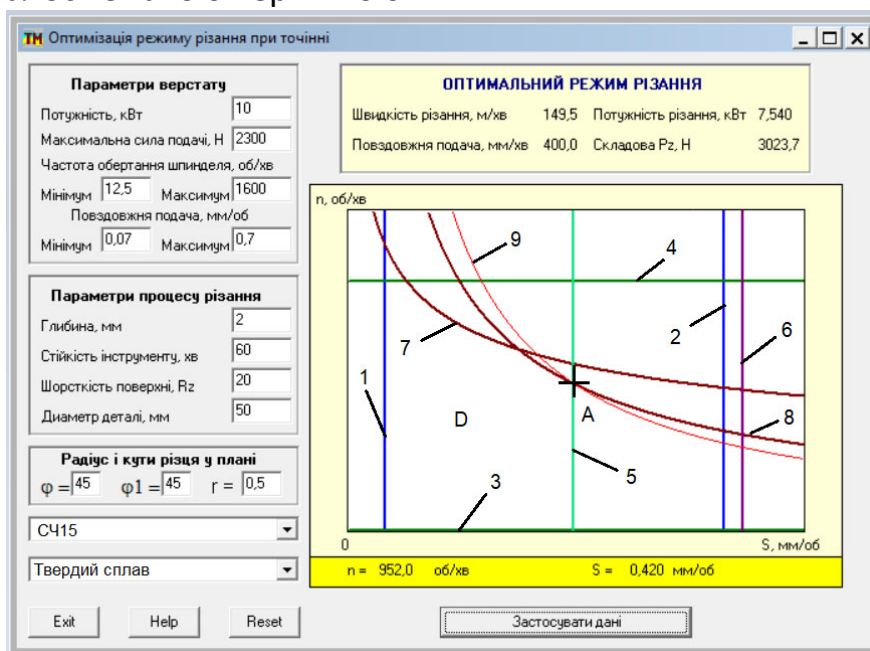


Рис. 3. – Інтерфейс прикладної програми оптимізації режимів різання

Після натискання лівої клавіші мишки, при утриманні її перехрестя у вершині області допустимих значень, на інтерфейсі з'являються оптимальні величини режиму різання. Визначається такі складові режиму різання та його головні характеристики: частота обертання шпинделя (952 об/хв), подача на оборот (0,42 мм/об), швидкість різання (149,5 м/хв), поздовжня

подача (400 мм/хв), потужність різання (7,54 кВт), що становить сили P_z різання (3023,7 Н).

Звертаємо увагу на те, що відповідно до прийнятого критерію оптимальності - максимальна продуктивність - його величину зручно оцінювати безпосередньо за величиною поздовжньої подачі.

В якості прикладу виконання роботи нижче представлено перебіг досліджень для вихідних даних, які вказані у вікнах головного інтерфейсу програми на малюнку 3.

Для виконання експериментальних досліджень за першими трьома завданнями, які виконуються у функції глибини різання, перед активацією прикладної програми необхідно скласти таблицю експериментальних даних визначивши діапазон і крок зміни глибини різання (табл. 1). На малюнку 4 представлено стан області D допустимих значення частоти обертання шпинделя та поздовжньої подачі під час проведення експериментальних досліджень за даними таблиці 1.

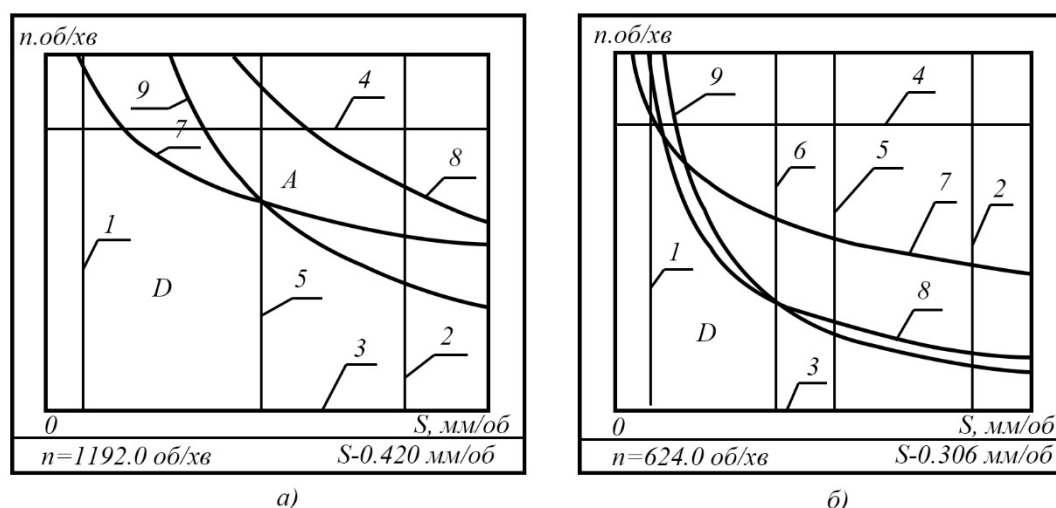


Рис. 4. – Результати визначення оптимального режиму різання:
 а - при глибині різання 1 мм ($n=1192,0$ об/хв; $S=0,420$ мм/об);
 б - при глибині різання 4 мм ($n=624,0$ об/хв; $S=0,300$ мм/об).

Тут прийняті ті самі позначення, що і на малюнку 4: лінія 1 і 2 - обмеження по мінімальній і максимальній подачі, лінія 3 і 4 - обмеження по мінімальній і максимальній частоті обертання шпинделя, лінія 5 - обмеження подачі по заданій шорсткості, лінія 6 - обмеження подачі за допустимою силою механізму подачі приводу верстата, лінія 7 - обмеження за стійкістю інструменту, лінія 8 - обмеження потужності верстата. Лінія 9 відображає оцінну функцію оптимізації максимальної продуктивності. Видно, що зі зміною глибини різання вершина A області допустимих значень, яка відповідає оптимальному (за продуктивністю) режиму різання, утворюється перетином різних обмежень. Так, при глибині різання 1 мм ця

вершина утворена обмеженнями по стійкості інструменту і необхідної шорсткості поверхні, а при глибині 4 мм - обмеженнями за потужністю різання і максимально допустимою силою приводу подачі. Отримані експериментальні дані, що визначають оптимальний режим різання за різних величин глибини H різання представлені в таблиці 2. За експериментальними даними з використанням пакету Excel побудовано графіки відповідної залежності, що представлені на рис.5.

Таблиця 1. – Експериментальні дані за одним технологічним переходом

№	H , мм	$n_{об}$, об/хв	$S_{об}$, мм/об	$N_{різ}$, кВт	P_z , Н	S_{min} , мм/хв	v , м/хв
1	0,5	1320	0,420	2,80	810	554	207
2	1,0	1192	0,420	4,88	1565	501	187
3	1,5	1120	0,420	6,75	2301	470	176
4	2,0	952	0,418	7,50	3011	389	150
5	2,5	768	0,418	7,48	3722	321	121
6	3,0	648	0,418	7,51	4426	271	232
7	3,5	624	0,362	7,51	4600	226	112
8	4,0	624	0,306	7,52	4603	191	112

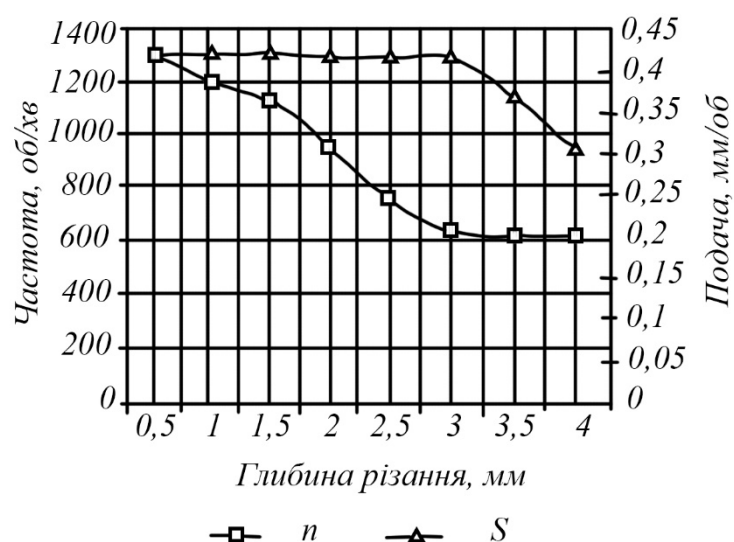


Рис. 5. – Експериментальні залежності оптимального режиму різання від глибини різання

Аналіз отриманих експериментальних результатів (рис. 5) свідчить, що закон оптимального управління має дві зони:

1) оптимальна обробка до глибини різання 3 мм відбувається з постійною подачею на заготовлю, проте частота обертання зменшується майже за лінійною залежністю;

2) оптимальна обробка з глибиною, яка перевищує 3 мм, виконується з постійною частотою обертання заготовки, проте поздовжня подача знижується також майже за лінійною залежністю.

При проведенні експериментів можна помітити, що оптимальна точка фазової площини n - S утворюється в основному трьома обмеженнями: стійкістю, потужністю і шорсткістю. До глибини різання 3 мм основним обмеженням, яке накладається на подачу, є обмеження необхідної шорсткості обробленої поверхні. При збільшенні глибини різання набуває чинності четверте обмеження-за силу подачі верстата.

Подібні числові значення розрахунків режимів різання були отримані і при класичному аналітичному методі корегування стосовно геометрії ріжучого інструменту, матеріалу і параметрів деталі [7, 8, 9], відносна похибка розрахунків не перевищувала 6-8%. Це говорить про те, що модель перевірна на адекватність результатів режимів механічної обробки стосовно нашої деталі «Стакан підшипниковий правий» та його геометричних параметрів.

Далі ми послідовно повторюємо процедуру зміни вхідних даних для кожного технологічного переходу при точінні (поперечному, подздовжьому, розточування, точінні канавки та відрізання). Отримані результати заносимо в таблицю 2. де скореговуємо режими різання для кожного випадку при точінні.

Таблиця 2. – Оптимізовані режими різання токарних операцій на верстаті з ЧПК

Назва операції	Глибина, мм	Подача, мм/об (мм/зуб)	Швидкість, м/хв
Відрізання торців	-	0.427	228
Точіння зовнішнє (чорнове)	3.0	0.418	232
Точіння зовнішнє (чистове)	0.85	0.162	267
Розточування (чорнове)	2.25	0.281	188
Розточування (чистове)	0.25	0.143	241
Точіння внутрішньої канавки	1.15	0.182	215
Відрізка деталі	-	0.221	194

Примітка. Значення режимів різання при фрезеруванні, свердлінні та формоутворенні нарізі не оптимізувались, а обирались як середьозважене з діапазону режимів рекомендованих виробником та врахуванням паспортних діапазонів режиму обробки верстата з ЧПК.

Для того щоб якісно та коректно підійти до складання автоматизованого технологічного процесу виготовлення необхідно дослідити конструкцію деталі, зробити відповідні висновки щодо лідійних, діаметральних та допускових розмірів на кресленнику. Проаналізувати з кресленника технічні вимоги до деталі, шорсткості та якості оброблювальних поверхонь. Проаналізувати хімічний склад і механічні властивості матеріалу деталі, надати загальну характеристику об'єкта дослідження та виконати якісний аналіз технологічності конструкції деталі. На прикінці розділу необхідно змодельювати в тривимірному вигляді деталь в CAD-системі Autodesk Power Shape за розмірами згідно кресленника. Для прикладу обрана деталь «Стакан підшипниковий» (рис. 6) входить до складу коробки швидкостей трактора. В середині деталі обертається вал в шарикових підшипниках. Стакан після установки в корпус залишається нерухомим.

Autodesk PowerShape це проста в засвоєнні та застосуванні CAD-система, що поєднує можливості поверхневого, твердотільного та фасетного 3D-моделювання. Має ефективний функціонал для реверсивного інжинірингу та відновлення пошкоджених імпортованих даних [6, 7, 8].

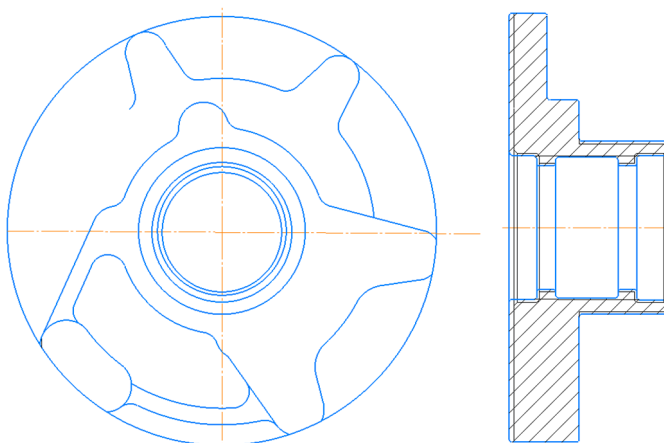


Рис. – 6 Ескіз деталі «Стакан підшипниковий»

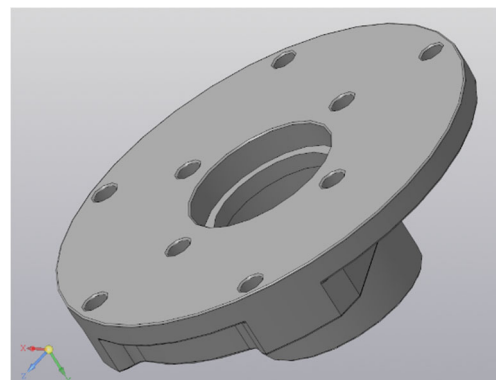


Рис. 7. – Тривимірна модель у програмі Autodesk PowerShape

Використовуємо вказану програму для виконання тривимірної моделі деталі «Стакан підшипниковий». За допомогою простих ліній, простих геометричних форм та кривих інтерфейсу PowerShape, створюємо крок за

кроком об'єкта ра розмірами і пропорціями, в масштабі, ідеально схожий що на кресленику, який в нас є технічним завданням.

Створена модель деталі представлена на рис.7.

Для складання коректної автоматизованої технології механічної обробки деталі на верстаті з ЧПК за умов використання CAD-CAM систем необхідно виконати певну послідовність операцій:

- створити тривимірну модель за креслеником або ескізом (технічне завдання) в обраній CAD-системі;
- розрахувати та створити тривимірну модель заготовлі або скористатися функціоналом обраної CAM-системи та розрахувати її з простих геометричних форм;
- обрати логічну і вірну послідовність маршруту обробки деталі (МОД), приймаючи до уваги її геометрію, вимоги до точності та якості, матеріал, обладнання, режими та умови обробки деталі;
- підібрати необхідне обладнання з програмним керуванням, прогресивний ріжучий інструмент, оснащення та призначити режими різання за довідниками стандарту ISO;
- обрати CAM-систему та скласти в ній оптимальну послідовність операцій (технологічних переходів) задіявши чисельні розрахунки та режимні параметри, які отримані та описані переліком вище;
- візуалізувати в режимі 3D та на верстаті виконаний процес механічної обробки деталі, внести певні уточнення або реакції у параметри технології;
- по завершенні корегування технології, за допомогою CAM-системи, скласти керуючу програму для багатокординатного верстата з ЧПК;
- зберегти NC-файл керуючої програми у відповідному форматі та проект технології у CAM-системі для подальшого корегування та переміщення інформації на CNC обладнання.

Імпортуємо модель деталі і інтерфейс програми FeatureCAM, призначаємо розміри заготовлі, які вираховували у попередньому розділі, встановлюємо локальну систему координат деталі, обираємо в базі даних існуючий постпроцесор верстата та модель тривимірний гібрид верстата MAZAK Integrex 200-IV S, отримуємо наступний вигляд комп'ютерного експерименту з підготовки до автоматизації технології, рис.8.

Послідовно згідно МОД таблиці 1 та 2 призначаємо відповідні операції обробки, обираючи з інтерфейсу програми відповідні опції: «Точіння», «Підрізка торцю», «Розточування», «Фрезерування», «Свердління», «Відрізка заготовлі».

На останньому етапі програмування механічних операцій, за допомогою функцій програми FeatureCAM, формуємо керуючу програму

(КП) для верстата з ЧПК та зберігаємо її у форматі *.txt. Фрагмент КП з інтерфейсу для верстата показаний на рис.9.

Саме з таб.2 беремо скореговані режимі різання і заносимо до налаштувань кожного технологічного переходу (операції) механічної обробки у інтерфейсі операцій програми FeatureCAM.

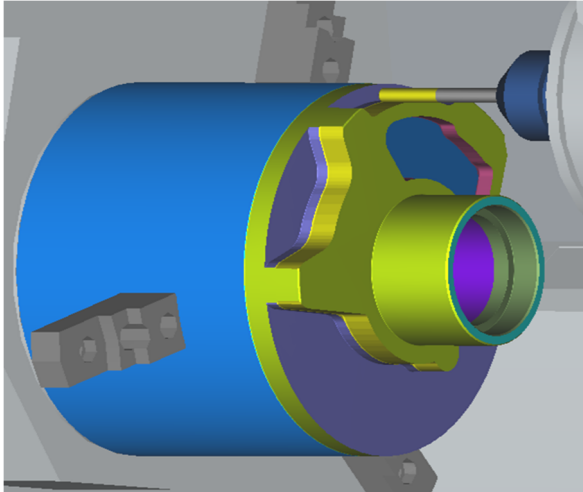


Рис. 8. – Підготовка проекту до автоматизації інтерфейсу FeatureCAM

```
( FEATURECAM MILL/TURN )
( MORI SEIKI TURNING CENTER )
( MITSUBISHI CONTROL WITH Y-AXIS )
( TURRET #1 )

N1          ( OPERATION: ROUGH FACE TOPEЦЗ )
G28 V0
G18 G99 M46 ( TURN MODE )
G0 T0101 ( TOOL:01 SCLCR2525M12_CCMT120408MT )
G50 S6000
G96 S559 M3
G0 X3.3216 Z8.2864 M8
G72 W0.1969 R0.0197
G72 P90 Q95 U0. W0.0039 F0.015
N90 G1 Z8.0407 Z8.0407 F0.015
N95 X-0.0472
G0 Z8.2864

( OPERATION: FINISH FACE TOPEЦЗ )
G50S6000
G97 S940 M3
G0 X3.29 Z8.31 M8
G96 S810
Z8.0998
G70 P140 Q155
N140 G41G1 X3.0854 Z8.0407 Z8.0407 F0.006
X0.
X-0.0472
N155 G40X0.1573 Z8.0998
G0 X3.4249 Z8.5286
G53 X0 Z0
M01
```

Рис. 9. – Фрагмент керуючої програми для верстата з ЧПК

Висновки. Обґрунтований і встановлений повний системний зв'язок параметрів оброблення з властивостями оброблюваного матеріалу, геометрією інструменту, інструментального матеріалу і конструкторсько-технологічних чинників деталі на розрахунок оптимізованої технології токарної обробки.

Виконана методика значно спрощує громістки аналітичні розрахунки за класичними методами з купою виправних коефіцієнтів та враховує сучасну геометрію інструментів показники і режимів різання стосовно конкретної деталі та більш того, може буди адаптована до інших типів деталей типу тіл обертів різних галузей виробництва.

Проаналізовані конструктивні особливості деталі, матеріалу та надана загальна характеристика об'єкта дослідження, виконаний якісний аналіз технологічності конструкції деталі. Якісно виконана тривимірна модель у CAD-системі.

Складена оптимальна технологія механічної обробки деталі. Застосований прогресивний ріжучий інструмент стандарту ISO, оснащення

для сучасного багатоцільового верстата з ЧПК. Програмна реалізація і комп'ютерний експеримент з розрахунку автоматизованої технології механічної обробки реалізований у програмі Autodesk FeatureCAM.

Надані практичні рекомендації щодо оптимального використання CAD-CAM систем, коригування результатів технології та режимних параметрів для отримання оптимальних результатів на стадії підготовки виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петраков, Ю.В. (2006). Лабораторно-комп'ютерний практикум з теорії різання. *Рекомендовано МОН України як навчальний посібник для вищих навчальних закладів (Лист МОН України №1.4/18-Г-212), Київ, Політехніка, 190.*
2. Петраков, Ю.В., Сохань, С.В., Фролов, В.К. & Кореньков, В.М. (2018). Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 380.
3. Петраков, Ю.В., & Мацківський, О.С. (2015). Моделювання фрезерування кінцевими фрезами. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №1, 73.*
4. Петраков, Ю.В. (2011). Розвиток САМ-систем автоматизованого програмування верстатів з ЧПК: *Монографія. – Київ, Січкара, 220.*
5. Васильченко, Я.В. (2019). Математичне моделювання процесів різання та різальних інструментів. *Практикум. ДДМА, Краматорськ, 249.*
6. Zhuravel, O.Yu., Derbaba, V.A., Protsiv, V.V., & Patsera, S.T. (2019). Interrelation between Shearing Angles of External and Internal Friction During Chip Formation. *Solid State Phenomena. Materials Properties and Technologies of Processing, (291), 193-203.* URL: doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.291.193.
7. Kravchenko, Yu., & Derbaba, V. (2020). Empirical definition of the shearing angle and chip-edge contact length when cutting. *Collection of Research Papers of the National Mining University, 63, 123–133.* URL: <http://znp.nmu.org.ua/index.php/en/archives/33-63en/358-63en11>.
8. Дербаба, В.А., Пацера, С.Т. & Григоренко, В.У. (2022). Особливості механічної обробки зносостійких чавунів. *Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 71, 217–230.* URL: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/71.217>.
9. Щербина, Є.Ю., Дербаба, В.А. & Козечко, В.А. (2022). Критерії стійкості ріжучого інструменту для висошвидкісної обробки. *Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 67, 77-95* URL: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/67.077>.

УДК 621.878.44

**ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРИМАЧА КОВША ЗА ДОПОМОГОЮ
ТОПОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ФОРМИ В AUTODESK FUSION 360****О.М.Твердохліб¹, І.В.Вернер², Д.І. Гузенко³**^{1,2}старший викладач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: Tverdokhlib.o.m@nmu.one³студент групи 132-19-2, e-mail: Huzenko.d.i@nmu.one^{1,2,3}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. Демонструються можливості знаходження раціональних параметрів для виробів. У роботі досліджується інструмент «Shape optimization» програмного забезпечення Fusion 360.

Ключові слова: Autodesk Fusion 360, топологічна оптимізація, оптимізація форми, машинобудівна галузь.

**RATIONAL PARAMETERS SELECTION OF THE EXCAVATOR BUCKET HOLDER
WITH THE HELP OF SHAPE TOPOLOGICAL OPTIMIZATION IN AUTODESK
FUSION 360****Olexander Tverdokhlib¹, Ilya Verner², Dmytro Guzenko³**^{1,2}Lecturer, Department of Engineering and Generative Design, e-mail: Tverdokhlib.o.m@nmu.one³Student, e-mail: Huzenko.d.i@nmu.one^{1,2,3}Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The finding rational parameters possibilities for products are demonstrated. The article examines the Shape optimization tool of the Fusion 360 software.

Keywords: Autodesk Fusion 360, topological optimization, shape optimization, mechanical engineering industry.

Вступ. Фронтальний телескопічний навантажувач гармонійно поєднує в собі найкращі якості самохідного підйомного крана і фронтального або вилочного навантажувача [1]. Невеликі габарити дозволяють ефективно використовувати цю спецтехніку в закритих приміщеннях і на відкритій місцевості (рис. 1). За допомогою цієї техніки можна виконувати безліч робіт пов'язаних з підйомом та транспортуванням вантажів, в різних галузях промисловості та господарства.



Рис. 1. – Телескопічний фронтальний навантажувач

В машинобудуванні скорочення прямих витрат за рахунок економії матеріалу, пов'язано з розмірами серій, де вигреш у кілька грамів на транспортний засіб при виробництві кілька мільйонів одиниць означає зекономлені тони матеріалу, а при ресурсі роботи в 25 років це ще й величезна економія палива.

Програмне забезпечення Autodesk Fusion 360 володіє широкими можливостями в інженерії та промисловому дизайні. Одним з його інструментів є дослідження оптимізації форми [2], яке допомагає зменшити вагу досліджуваного об'єкта та заощадити витрати на матеріали.

Мета роботи. Дослідити деталь стріли топологічним аналізом та визначити раціональну форму для неї.

Матеріал і результат досліджень. Зменшення маси вузлів без втрати міцності та надійності є одним з пріоритетних напрямків розвитку сучасного машинобудування. Для дослідження ми обрали стрілу телескопічного фронтального навантажувача та провели її функціонально-вартісний аналіз, за результатами якого було обрано деталь для подальшого удосконалення.

Визначившись з деталлю, створюємо розрахункову схему (рис.2), яку розраховуємо в декількох найтяжчих режимах роботи, щоб знайти потрібні параметри навантаження для дослідження напружено-деформованого стану.

Створюємо 3D - модель в Fusion 360 (рис.3). В інструменті «Shape optimization» задаємо для неї навантаження, обмеження, матеріал, зони які потрібно зберегти при оптимізації а також додаткові параметри. До додаткових параметрів може відноситись відсоток зменшення маси.

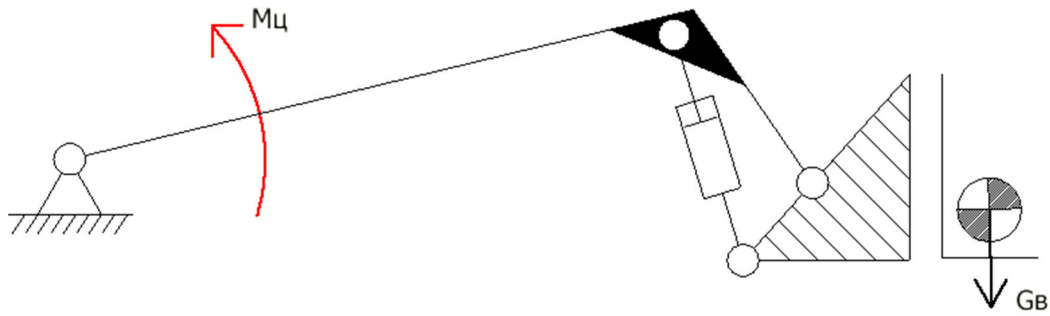


Рис. 2. – Розрахункова схема стріли телескопічного фронтального навантажувача

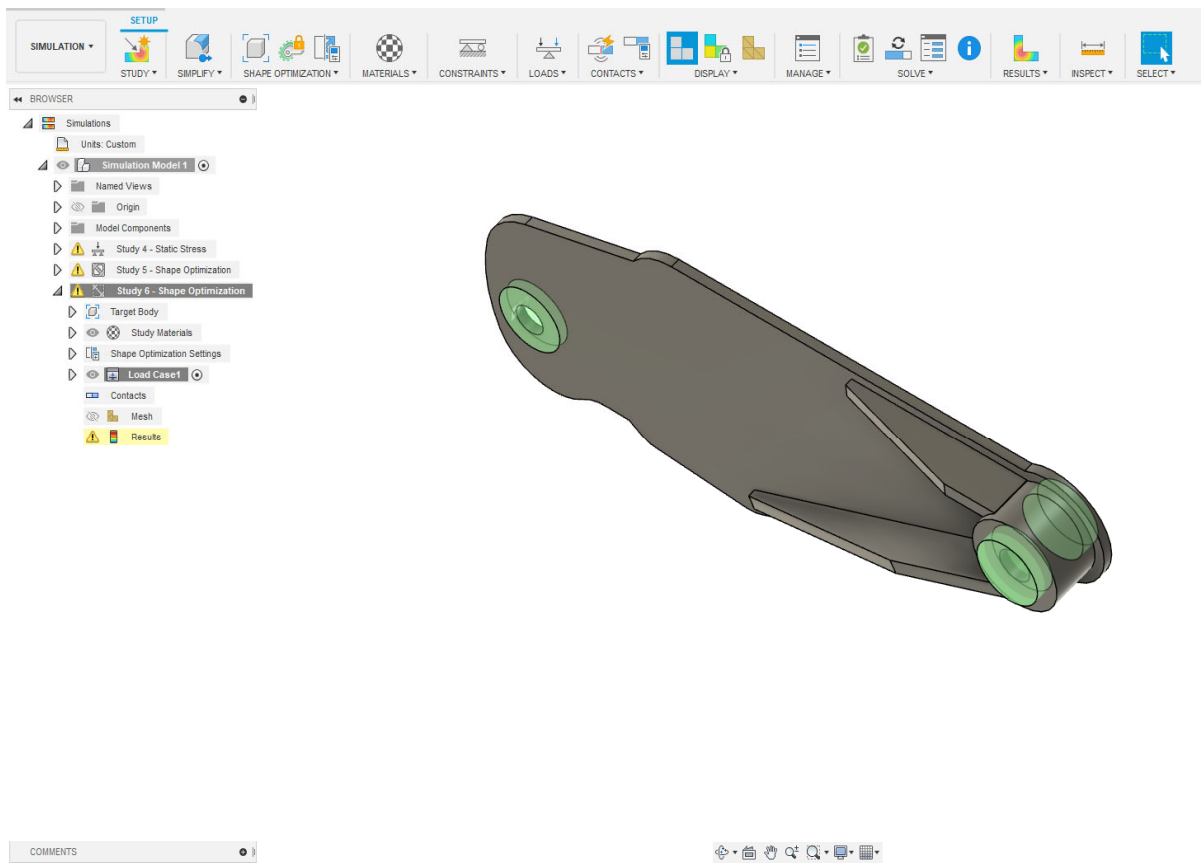


Рис. 3. – 3-D модель деталі у Fusion 360

Провівши 3 дослідження при різних навантаженнях, можна скласти загальне зображення раціоналізації деталі (рис. 4), на якому показано важливі зони (червоним кольором) та непотрібні частини деталі (білим кольором).

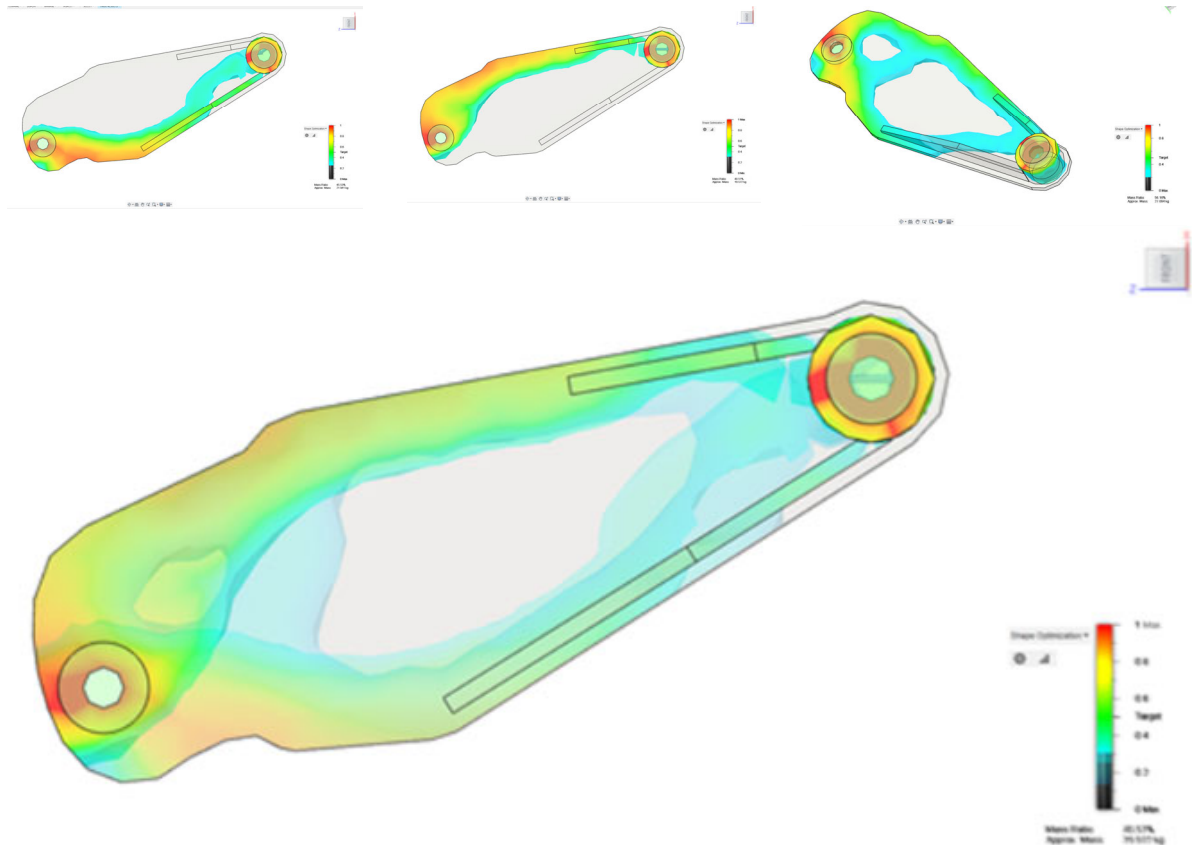


Рис. 4. – Результати дослідження

Висновки. Зниження ваги рухомих частин механізму є одним із основних засобів, доступних для підвищення ефективності використання підйомних механізмів. Застосування середовища Shape Optimization на 3D-моделі однієї з деталей телескопічного фронтального навантажувача дає змогу зменшити кількості металу у конструкції. Зменшення ваги елементів в підйомному механізмі окрім економії металу може забезпечити зменшення використання енергії або палива, яке витрачається на виконання підйомних робіт, при цьому збільшується вантажопідйомність за рахунок зменшеної ваги та раціональної форми деталі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зображення телескопічного навантажувача <https://5.imimg.com/data5/ANDROID/Default/2021/6/SH/DD/IX/81787001/product-jpeg-500x500.jpg> (дата звернення: 05.04.2023).
2. Документація Autodesk по оптимізації форми в програмі Fusion 360: Tutorial: Shape optimization analysis / Autodesk Help. URL: <https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/?guid=GUID-8A71026A-6453-4267-A415-9A42C8D4AF94> (date of access: 05.04.2023).

УДК 504.054+629.5

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ І МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

В.В. Кірсанова

кандидат біологічних наук, доцент кафедри управління в транспортній галузі, Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія», м. Ізмаїл, Україна, e-mail: kirsanova@dinuoma.com.ua

Анотація. У роботі розглядаються екологічна перевага і проблеми електромобілів в порівнянні з автомобілями з двигуном внутрішнього згорання в кліматичних умовах південних регіонів України. В цих кліматичних умовах спостерігаємо наявність оптимальних температурних умов для впровадження сонячних панелей в конструкції електромобілів.

Ключові слова: проблеми електромобілів; кліматичних умовах південних регіонів; сонячних панелей в конструкції електромобілів

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF ELECTRIC CARS AND POSSIBLE WAYS TO SOLVE THEM

V.V. Kirsanova

Ph.D., Danube Institute of the National University "Odesa Maritime Academy", Izmail City, Ukraine, e-mail: kirsanova@dinuoma.com.ua

Abstract. The paper examines the environmental advantages and problems of electric cars in comparison with cars with an internal combustion engine in the climatic conditions of the southern regions of Ukraine. In these climatic conditions, we observe the presence of optimal temperature conditions for the introduction of solar panels in the design of electric vehicles.

Keywords: problems of electric cars; climatic conditions of the southern regions; solar panels in the design of electric cars

Вступ. Учені в усьому світі згодні з тим, що підвищення рівня вуглекислого газу призводить до нагрівання планети до неприйнятних рівнів і температур - явище, що зазвичай називають «змінюю клімату». З початку промислової революції дослідники спостерігали значну кількість вуглецю, що викидається в атмосферу, при цьому концентрація вуглекислого газу на сьогоднішній день знаходиться на рекордно високому рівні [1].

Стабілізація клімату передбачає скорочення викидів вуглекислого газу до обсягів, які в змозі абсорбувати біосфера. При подальшому збільшенні викидів діоксиду карбону імовірна хаотизації кліматичних процесів. Наш

економічний уклад повинен стати вуглецеве нейтральною не пізніше 2050 г. Однак сьогодні спостерігається стрімке зростання викидів парникових газів. Транспортні викиди складають приблизно 1/4 викидів діоксиду карбону в усьому світі. Скорочення викидів CO₂ в транспортному секторі - одна з найскладніших завдань. Це пов'язано з мобільністю і численністю транспортних засобів. При використанні електропоїздів і електромобілів з'являється можливість, суттєво зменшити викиди діоксиду карбону.

Об'єктом наших досліджень є електромобілі, як фактор зменшення викидів діоксиду карбону в атмосферу

Мета наших досліджень: аналізувати екологічна перевага і проблеми електромобілів в порівнянні з автомобілями з двигуном внутрішнього згоряння.

Матеріал і результат досліджень

Для досягнення довгострокових кліматичних цілей ЄС необхідне різке скорочення викидів парникових газів, пов'язаних з транспортом. Транспорт - один з небагатьох секторів, в яких спостерігається стійке зростання викидів CO₂, що призводить до збільшення його частки в загальних викидах CO₂. Негативний вплив автомобільного транспорту також обумовлено викидами оксиду азоту (NO_x), які входять до складу вихлопних газів. Згідно з новим дослідженням, надмірні викиди шкідливих вихлопних газів оксиду азоту (NO_x) можуть бути причиною 38 000 передчасних смертей у всьому мирі. Це на додаток до оцінки Всесвітньої організації охорони здоров'я про 3,7 мільйона смертей в результаті забруднення атмосферного повітря.

Американський вчені стверджують, що занадто мало обізнаності про вплив забруднення повітря автомобілями в «реальному світі». NO_x може пошкодити тканину легенів, але також вступає в реакцію з хімічними речовинами в атмосфері з утворенням озону на рівні землі і ультратонких частинок, які шкідливі [2]. Електромобілі (електромобілі і гібридні електромобілі PHEV) - це багатообіцяючі технології, що дозволяють різко знизити навантаження на навколишнє середовище від дорожнього транспорту. Електромобілі, є високоекологічними, оскільки відсутні вихлопи, не використовуються нафтопродукти, антифризи, масла - як моторні, так і трансмісійні.

Безсумнівно, з таким доводом можна було б погодитися, оскільки, на перший погляд, очевидним плюсом автомобілів на електричній тязі є відсутність викидів в міське повітря. Ступінь екологічної безпеки автомобіля варто визначати не тільки за наслідками від його роботи. Необхідно враховувати весь життєвий цикл електромобілів - від етапів виробництва до моменту утилізації, в тому числі процеси поповнення енергією і обслуговування машин.

На думку багатьох авторів, викиди парникових газів і отруйних сполук в атмосферу, при переході на електротранспорт насправді анітрохи не зменшуються, хоча насправді забруднюють повітря вже не машини на електричній тязі, а теплові електростанції, які виробляють енергію для зарядки автомобільних акумуляторів. Хоча ККД електростанцій вище, ніж аналогічний показник двигунів внутрішнього згорання, все ж ККД силової установки електромобілів також далекий від 100% з урахуванням невисокої ефективності акумуляторів, втрат на перетворенні енергії для зарядки батарей і забезпечення роботи машин. Тобто викиди мають місце, просто змінюється їх джерело - замість вихлопних труб автомобілів додатковий обсяг забруднень повітря виходить з труб електростанцій [3].

На думку інших авторів, електромобілі виробляють менше викидів, тому що електромережу стає чистішим. За останні десять років частка вугілля в електроенергії впала з майже 50 відсотків до 30 відсотків. За той же час поновлювані джерела енергії для комунальних підприємств, такі як сонячна та вітрова енергія, виростили і складають 10 відсотків від вироблення електроенергії. Цей аналіз заснований на даних електростанцій за 2016 рік, найостанніших даних, які включають докладну інформацію про географічне місцезнаходження викидів.

Падіння викидів від електроенергії за останнє десятиліття також наголошує на необхідності роботи з очищення виробництв і транспорту електроенергії сьогодні. Хоча ми рухаємося в правильному напрямку з використанням відновлюваних джерел енергії та зростаючим числом моделей електромобілів, потрібен час, щоб замінити існуючі електростанції і бензинові автомобілі. Життєво важливо, щоб ми прискорили впровадження електромобілів, навіть якщо вся енергія ще не надходить з поновлюваних або низьковуглецевих джерел [4].

Дослідник доктор Гаутам Рам Чандра Мулі розробив систему, яка заряджає електромобілі швидко і безпосередньо за допомогою сонячної енергії. Било розроблено зарядний пристрій для електромобілів потужністю 10 кВт, що забезпечує пряму зарядку електромобіля постійним струмом від фотоелектричних модулів без перетворення в змінний струм. Зарядний пристрій є двонаправленим, тому енергія від акумулятора електромобіля також може подаватися в мережу для транспортного засобу в мережу (V2G). Зарядний пристрій може реалізувати чотири різних потоку потужності: PV → EV, EV → Grid, Grid → EV, PV → Grid. Модулі потужністю 10 кВт мають модульну конструкцію і можуть працювати без сонячної батареї в якості двонаправленого зарядного пристрою для електромобілів. Крім того, кілька модулів зарядного пристрою постійного струму можуть працювати паралельно для

швидкої зарядки до 150 кВт. Зарядний пристрій заснований на карбіті кремнію і квазірезонансної технології, що забезпечує високий ККД (> 96%) як при повній, так і при частковому навантаженні.

Модулі потужністю 10 кВт мають модульну конструкцію і можуть працювати без сонячної батареї в якості двонаправленого зарядного пристрою для електромобілів. Крім того, кілька модулів зарядного пристрою постійного струму можуть працювати паралельно для швидкої зарядки до 150 кВт. Зарядний пристрій заснований на карбіті кремнію і квазірезонансної технології, що забезпечує високий ККД (> 96%) як при повній, так і при частково навантаженні.

Нові алгоритми інтелектуальної зарядки, розроблені в рамках проекту, об'єднують кілька додатків разом: прогноз PV, переваги користувачів електромобілів, мультиплексування електромобілів, попит на V2G, ціни на енергію, регулювання цін і обмеження розподільчої мережі. Для двох тематичних досліджень, змодельованих для Нідерландів і Техасу, запропоновані алгоритми знизили чисті витрати до 427% і 651% в порівнянні з середньою тарифною оплатою, відповідно [5].

Висновки. При аналізі кліматичних умов південних регіонів України спостерігаємо наявність оптимальних температурних умов для впровадження сонячних панелей в конструкції електромобілів [6-7]. Що здешевить вартість експлуатації електромобілів. А також дозволить зменшити викиди парникових газів при виробництві електроенергії для їх зарядки.

ЛІТЕРАТУРА

1. MacNaughton, Joan, (born 12 Sept. 1950), adviser globally on energy and environmental policies; Executive Chair, Energy and Policy Assessment (Trilemma), World Energy Council, since 2011 // Who's Who. — Oxford University Press, 2007-12-01.
2. Scientist N., Association P. Diesel fumes lead to thousands more deaths than thought. New Scientist. URL: <https://www.newscientist.com/article/2131067-diesel-fumes-lead-to-thousands-more-deaths-than-thought/> (date of access: 22.04.2023).
3. Єрмаков В. Екологічність електромобілів – міф. Експерти пояснили, чому це так. Главком | Glavcom. URL: <https://glavcom.ua/techno/auto/ekologichnist-elektromobiliv-mif-eksperti-poyasnili-chomu-ce-tak-766305.html> (дата звернення: 10.04.2023).
4. David reichmuth, senior vehicles engineer New Data Show Electric Vehicles Continue to Get Cleaner URL: http://www.ucsusa.org/?_ga=2.100060638.1360450641.1605114994
5. Chandra Mouli, G.R. (TU Delft DC systems, Energy conversion & Storage Charging electric vehicles from solar energy: Power converter, charging algorithm and system design) <https://doi.org/10.4233/uuid:dec62be4-d7cb-4345-a8ae-65152c78b80f>
6. О,Море. Погода в Измаиле: климат, температура воздуха и воды в море – О, Море.City. О, Море.City. URL: <https://omore.city/articles/130051/pogoda-v-izmaile-na-nedelyu-i-mesyac> (дата звернення: 10.04.2023).

7. Український гідрометеорологічний центр. Автоматичні гідрологічні станції. URL: <http://hydro.meteo.gov.ua/#graph> (дата звернення: 04.11.2020).

УДК 004.89

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ

В.В. Кривда¹, М.М. Єрісов², М.О. Максименко³

¹кандидат технічних наук, доцент, e-mail: krivda.v.v@nmu.one

²асистент, e-mail: erisov.m.m@nmu.one

³студент, e-mail: maksymenko.m.o@nmu.one

^{1,2,3}кафедра автомобілів та автомобільного господарства, НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі визначено можливість застосування штучного інтелекту в системах керування транспортними засобами. Основна мета застосування ШІ в цій галузі – підвищення ефективності та безпеки транспортного руху. Системи керування транспортними засобами, оснащені сучасними технологіями ШІ, можуть автоматизувати процеси керування та контролю за транспортним потоком, запобігати можливим аварійним ситуаціям, зменшувати час шляху для пасажирів та знижувати навантаження на навколишнє середовище.

Ключові слова: системи керування, штучний інтелект, транспортні засоби, автоматизація, безпека, ефективність, дані, аналіз, передбачення, керування транспортним потоком, інформація, час прибуття.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN VEHICLE CONTROL SYSTEMS

V.V. Krivda¹, M.M. Erisov², M.O. Maksimenko³

¹Ph.D., Associate Professor, e-mail: krivda.v.v@nmu.one

²Assistant, e-mail: erisov.m.m@nmu.one

³Student, e-mail: maksymenko.m.o@nmu.one

^{1,2,3}Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper identifies the possibility of using artificial intelligence in vehicle control systems. The main purpose of using AI in this field is to increase the efficiency and safety of traffic. Vehicle control systems equipped with modern AI technologies can automate the processes of managing and controlling traffic flow, prevent possible emergency situations, reduce travel time for passengers, and reduce the burden on the environment.

Keywords: control systems, artificial intelligence, vehicles, automation, safety, efficiency, data, analysis, prediction, traffic management, information, arrival time.

Вступ. Завдяки аналізу великих обсягів даних, що збираються за допомогою датчиків та камер, системи керування транспортними засобами можуть передбачати небезпечні ситуації та реагувати на них автоматично. Застосування штучного інтелекту (ШІ) в системах керування транспортними засобами також може покращити керування транспортним потоком та забезпечити більш комфортне та безпечне пересування для пасажирів. Системи керування транспортними засобами, оснащені сучасними технологіями ШІ, можуть обробляти великі обсяги даних у реальному часі, надавати інформацію про транспортний потік, громадський транспорт, маршрути та час прибуття транспорту.

Штучний інтелект - це область інформатики, в якій ефективно моделюються інтелектуальні процеси мозку, на відміну від психології, нейрофізіології та біохімії, метою яких є вивчення мозку як такого, а також процесів, що відбуваються в ньому.

Системи керування транспортними засобами вже мають у своєму арсеналі деякі можливості, пов'язані із застосуванням штучного інтелекту. Однак, у майбутньому, розвиток технологій ШІ та безпілотних транспортних засобів може призвести до революційного перетворення цієї галузі.

Основна мета: висвітлити застосування штучного інтелекту в системах керування транспортними засобами, тобто підвищення ефективності та безпеки транспортного руху. Опис застосування штучного інтелекту в системах керування транспортними засобами з метою підвищення ефективності та безпеки транспортного руху.

Системи керування транспортними засобами, оснащені сучасними технологіями ШІ, можуть автоматизувати процеси керування та контролю за транспортним потоком, запобігати можливим аварійним ситуаціям, зменшувати час шляху для пасажирів та знижувати навантаження на навколишнє середовище.

Завдяки аналізу великих обсягів даних, що збираються за допомогою датчиків, камер та інших засобів моніторингу, системи керування транспортними засобами можуть передбачати небезпечні ситуації та реагувати на них автоматично. Також, за допомогою ШІ, можна оптимізувати маршрути та розклад руху транспортних засобів, що дозволить скоротити час у дорозі та покращити загальну продуктивність транспортної системи.

Крім того, застосування ШІ в системах керування транспортними засобами може значно покращити керування транспортним потоком та забезпечити більш комфортне та безпечне пересування для пасажирів. Системи керування транспортними засобами, оснащені сучасними технологіями ШІ, можуть обробляти великі обсяги даних у реальному часі, надавати інформа-

цію про транспортний потік, громадський транспорт, маршрути та час прибуття транспорту, що дозволить пасажиром більш ефективно планувати свої поїздки та уникати проблемних ділянок дороги.

Матеріал і результат досліджень. Одним із можливих застосувань штучного інтелекту в системах керування транспортними засобами є автоматизація процесу керування транспортним потоком. Безпілотні транспортні засоби, оснащені сучасними системами ШІ, можуть співпрацювати один з одним та з центральною системою керування транспортним потоком, щоб оптимізувати рух на дорогах, уникаючи пробок та зменшуючи час шляху для пасажирів.

Іншим важливим застосуванням ШІ в системах керування транспортними засобами є передбачення технічного стану транспортних засобів. За допомогою аналізу даних сенсорів, встановлених на транспортних засобах, система ШІ може визначити ймовірність виникнення технічної несправності та запобігти можливій поломці до того, як вона відбудеться.

Ще одне важливе застосування ШІ в системах керування транспортними засобами – це аналіз поведінки водіїв. За допомогою нейромережових алгоритмів ШІ системи можуть аналізувати дані з камер, встановлених на дорогах, і передбачати можливі небезпечні ситуації, пов'язані з порушенням ПДР або інших правил дорожнього руху.

Загалом застосування штучного інтелекту в системах керування транспортними засобами може значно підвищити ефективність та безпеку транспортного руху, знизити кількість аварій та забезпечити більш комфортне та екологічно чисте пересування пасажирів.

Потреба в існуючих системах ШІ та розробці нових визначається наступним:

1. Вимоги до роботи ЕОМ п'ятого (поточного) і наступних поколінь: зручність використання ЕОМ за рахунок реалізації голосової системи введення/виведення інформації; діалогова обробка інформації з використанням природних мов; можливість навчання, асоціативних побудов і логічних висновків; створення програмних засобів шляхом автоматизації синтезу програм за специфікаціями вихідних вимог природними мовами; висока адаптивність до застосувань і надійність в експлуатації; тощо.

2. Високий рівень автоматизації сучасного виробництва при великій кількості різних типів обладнання, нечіткість, неповнота і невизначеність великих обсягів оперативної інформації та інші фактори, що характеризують складні системи.

3. Обмеженість людських ресурсів або автономна робота обладнання.

4. Вирішення складних завдань, де традиційні методи неефективні або їх використання взагалі неможливо (прогностичні завдання, розпізнавання і персоналізація і т.д.).

5. Сучасні наукові дослідження в таких сферах, як когнітивна психологія, програмування емоцій, рефлексивне програмування та ін.

З двохтисячних років відбувся якісний прорив у машинному навчанні, який став Великим вибухом для штучного інтелекту. І сьогодні багатонейронні мережі допомагають нам фільтрувати і знаходити інформацію в інтернеті, обробляти фотографії, перекладати тексти. Однією з областей, де ШІ відкриває нові захоплюючі можливості, є автотранспорт.

Як штучні нейронні мережі змінять майбутнє вашого автомобіля?

Тема безпілотних апаратів надактуальна, і навколо них піднявся не менший ажіотаж, ніж в XIX - початку XX століття – навколо «безкінних возів». Спільнота сподівається на появу автомобіля, що здатний самостійно пересуватися у транспортному потоці. Але є і побоювання, що збільшиться кількість нещасних випадків, в тому числі і смертельних.

Безпілотні апарати активно розробляються впродовж останнього десятиліття, а подекуди навіть використовуються в тестовому режимі. До їх створення приєдналися гіганти автомобілебудування: BMW, Nissan, Honda, General Motors, Volkswagen, Audi, BMW і Volvo - і нові гравці на авторинку: Google, Tesla і безліч більш дрібних компаній. До масових продажів безпілотних автомобілів справа поки не дійшла. Автопілоти досягають прогресу, але вони все ще прагнуть досконалості. Тож, принаймні в найближчі п'ятьдесят років штучний інтелект навряд чи зможе замінити, або хоча б потіснити досвідченого водія.

Технічна реалізація «штучного водія» - не єдине завдання. Нейронним мережам в автомобілі доведеться подбати не тільки про дотримання швидкісного режиму, відключення на потрібних перехрестях і успішне паркування [1].

Безпека водіння

Вже сьогодні розумна електроніка здатна прокласти маршрут з урахуванням автотранспорту і погодних умов, а також запропонувати альтернативні способи дістатися з точки А в точку Б. Навігатор покаже дорогу на дисплеї і підкаже голосом, де зробити поворот або знизити швидкість. Завдяки навігаційним програмам паперові атласи доріг і величезні карти міст стають рідкістю. Навігатор зручний у використанні, а також він допомагає зробити поїздки безпечною. Адже водієві не потрібно відволікатися, щоб перевірити карту незнайомого міста, або шукати на перехрестях знаки з назвами вулиць, щоб переконатися, що він не пропустив потрібний поворот.

За статистикою, понад 50% аварій на дорогах трапляється через те, що водій був неуважний або відволікався. Нейронні мережі автомобіля позбавлять водія необхідності виконувати дії, які відривають його від керування автомобілем. Наприклад, вони зможуть допомогти керувати маршрутом поїздки за допомогою голосової команди.

Але аварії трапляються навіть тоді, коли водій уважний і дотримується правил – на дорогах занадто багато факторів, що провокують аварійну ситуацію. В таких умовах зайва пара очей - або відеокамери - не завадять. Нейронна мережа, яка обробляє інформацію з камер автомобіля, зможе попереджати водія про пішоходів або інших автомобілях, що знаходяться в небезпечній близькості [1-3]. Цілком можливо, що в майбутньому нейронні мережі багатьох автомобілів і камери дорожнього руху зможуть обмінюватися даними через інтернет, і тоді ми отримаємо попередження про неадекватного водія задовго до того, як він з'явиться у безпосередній близькості.

Деякі виробники вже намагаються розробити ШІ, який працює із зображенням камери, спрямованої на водія. Така нейронна мережа буде знати власника в обличчя і не дозволить незнайомій людині сісти за кермо. Крім того, по міміці нейронна мережа зможе визначити, що людина втомилася або ось-ось дримає - і вчасно надати сигнал. А якщо аварії не уникнути, то по положенню голови розрахує, які подушки безпеки потрібно ввімкнути - це допоможе уникнути травм.

Ще одна область застосування нейронних мереж в автомобілі - контроль над внутрішніми системами.



Рис. 1. – Процес водіння ШІ

ШІ, підключений до датчиків і систем автомобіля, може виявити потенційні несправності задовго до того, як вони стануть реальними проблемами. Адже набагато дешевше пройти технічне обслуговування, ніж ремонтувати або замінювати деталі. Нейронна мережа зможе складати графіки профілактики, підказувати адресу найближчої автомайстерні і стежити за технічним обслуговуванням [3-5]. Журнали моніторингу всіх систем допоможуть механікам зрозуміти, що і з якої причини вийшло з ладу або знаходиться на межі виходу з ладу, а автовиробникам буде надано можливість підвищити якість комплектуючих і запчастин.

Майбутнє стає реальністю сьогодення. Нікого не здивуєш розумним навігатором, який прокладає найзручніший маршрут. Через кілька років легкові автомобілі на основі штучного інтелекту, безпілотні вантажівки, автобуси та таксі стануть звичним явищем, а наші подорожі будуть безпечнішими, легшими та комфортнішими, ніж будь-коли раніше рис.3.

В автомобілебудуванні сьогодні створено всі передумови для якісного прориву в області застосування штучного інтелекту. Йдеться про інтелектуальні системи допомоги на дорозі, або ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Наприклад, в Ізраїлі компанія Mobileye розробила програмно-апаратний комплекс. Його завдання - розпізнавати потенційно небезпечні ситуації на дорозі, попереджати про них водія і стежити за збереженням безпечної дистанції. Також і вітчизняний ринок є конкурентноспроможним. Українська компанія Luxoft випустила когнітивну технологію Automotive, яка багато в чому випереджає досягнення Mobileye. Безпосередньо в Києві українські програмісти розробляють найновітніші технології під загальною назвою Connected Mobility. Дана технологія відповідає за створення і реалізацію алгоритмів безпечного пересування, в тому числі і в екстремальних ситуаціях. Технології ADAS - це майбутнє автомобільної промисловості [4-6].

Звичайно, в розвитку штучного інтелекту є не тільки незаперечні переваги і переваги, але і серйозні ризики. У березні в США сталася смертельна аварія - водій автомобіля Tesla Model X, за кермом якого в момент трагедії перебував автопілот. Примітно, що саме глава Tesla Ілон Маск назвав штучний інтелект "найбільшим ризиком, з яким ми стикаємося, як цивілізація". Проте, головна небезпека - не збої, які неминучі в будь-якій техніці, а питання управління штучним інтелектом. Однак, у людей завжди є можливість керування, так звана «червона кнопка» – можливість відключення живлення штучного інтелекту.

Висновки. У статті описується, як аналіз великих обсягів даних, що збираються датчиками та камерами, дозволяє системам керування транспортними засобами прогнозувати небезпечні ситуації та автоматично на них ре-

агувати. Застосування штучного інтелекту в системах керування транспортними засобами також може покращити керування транспортним потоком та забезпечити більш комфортне та безпечне пересування для пасажирів. Системи керування транспортними засобами, оснащені сучасними технологіями ШІ, можуть обробляти великі обсяги даних у реальному часі, надавати інформацію про транспортний потік, громадський транспорт, маршрути та час прибуття транспорту.

Також у статті згадується, що штучний інтелект – це сфера інформатики, яка ефективно моделює інтелектуальні процеси мозку. Системи керування транспортними засобами вже мають деякі можливості, пов'язані із застосуванням штучного інтелекту. Однак у майбутньому розвиток технологій ШІ та безпілотних транспортних засобів може призвести до революційного перетворення цієї галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Штучний інтелект. Теорія і застій. - Луганськ: Від-во СЛУ ім. З. Даль, 2006. – 242 с.
2. Шодрон Л., Мейл Н. 1-й Одерський логічний формальний аналіз концепцій: від логічного програмування до теорії/ Зв'язування електронних артикулів в комп'ютерних та інформаційних науках. Том 3. 1998. No. 13. URL: <http://www.ep.liu.se/ea/cis/1998/013/> (дата звернення: 09.04.2023).
3. Ukrinform. Honda розробляє технологію автономного керування автомобілем зі штучним інтелектом. Укрінформ - актуальні новини України та світу. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3606901-honda-rozroblae-tehnologiu-avtonomnogo-keruvanna-avtomobilem-zi-stucnim-intelektom.html> (дата звернення: 09.04.2023).
4. Ganter, B. *Algorithmen zur formalen Begriffsanalyse*. В: Гантер Б. & Вілле Р. & Вольф К.Е. (ред.). *Beitrage zur Begriffsanalyse*. Mannheim/Wien/ Zurich, BIWissenschaftsverlag. – 1987. - P. 241-254.
5. Philips. Штучний інтелект | Philips. Philips. URL: <https://www.philips.ua/c-e/au/car-lights/automotive-articles/technology/artificial-intelligence-the-augmented-motorist.html> (дата звернення: 09.04.2023).
6. Економічна правда. Штучний інтелект для Mercedes-Benz: який софт українські ІТ-фахівці розробляють для Daimler. Економічна правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2019/09/26/652001/> (дата звернення: 09.04.2023).

УДК 629.33

МЕТОДОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

О.Г. Ходос¹, О.О. Лагошна²

¹ст. викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства, e-mail: Khodos.o.h@nmu.org.ua

²ас. кафедри автомобілів та автомобільного господарства, e-mail: lagoshna.o.o@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядається методологія визначення терміну експлуатації автомобіля по показниках, які діють при виробництві та експлуатації шляхом використання інформаційних технологій.

Ключові слова: технічна експлуатація автомобілів, інформаційні технології, коефіцієнт технічного використання, термін експлуатації.

THE METHODOLOGY OF DETERMINING THE EXPLOITATION OF A VEHICLE BY USING INFORMATION TECHNOLOGIES

Olha Khodos¹, Olena Lagoshna²

¹Senior Lecturer, Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: Khodos.o.h@nmu.org.ua

²Assistant, Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: lagoshna.o.o@nmu.one

Abstract. The work considers the methodology of determining the life of a car based on indicators that are effective during production and operation through the use of information technologies.

Keywords: technical operation of cars, information technology, coefficient of technical use, term of operation.

Вступ. Зростання кількості автомобілів в Україні призводить до позитивних наслідків, а саме зростання економічного ефекту, але є і негативні наслідки. У якості негативних наслідків можемо виділити збільшення інтенсивності руху на дорогах, а це призводить до збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод і до збільшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Для зменшення негативного впливу необхідно дотримуватися періодичності проведення регламентних робіт, а саме технічного обслуговування та поточного ремонту, це в свою чергу призведе до підвищення рівня технологічної, екологічної та конструктивної безпеки автомобільного транспорту.

Мета роботи полягає в розробленні методології визначення коефіцієнт технічного використання рухомого складу, який впливає на термін експлуатації автомобіля.

Матеріал і результат досліджень. Автомобіль складається зі складних агрегатів та вузлів, в тому числі і зі складних систем, які підвищують безпеку транспортного засобу, але в той же час ці системи підвищують вартість підтримання цих систем в справному технічному стані. С часом кожен ремонт цих систем призводить до погіршення показників ремонтпридатності, а саме інтенсифікація потоку необхідних ремонтів та збільшення часу для відновлення систем. На основі вищезазначеного формується задача о необхідності розробки підходу для визначення оптимального терміну експлуатації автомобіля.

Для визначення оптимального терміну експлуатації автомобіля існує стандартна методологія, яка базується на формальному визначенні періодичності обслуговування та тривалості експлуатації до утилізації.

Але цей спосіб розрахунку не враховує наступні критерії: надійність, конструктивну і екологічну безпеку, для визначення впливу цих критеріїв необхідно вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати показники технічного обслуговування та ремонту, які дозволять визначити ефективний термін експлуатації автомобіля.
2. Визначити критерії зміни показників якості автомобіля в залежності від пробігу з початку експлуатації.
3. Визначитися з методологію визначення терміну експлуатації автомобіля.

Методологія базується на припущенні, що контролювати відповідність якості автомобіля вимогам умов експлуатації та надавати рекомендацію про необхідність списання, на основі терміну експлуатації автомобіля. Тобто термін експлуатації автомобіля повинен забезпечувати максимальний економічний прибуток при мінімальних затратах на технічне обслуговування і ремонт з урахуванням нормативних вимог до надійності, екологічної та конструктивної безпеки.

Математична модель структури показників ефективності автомобіля на базі комплексного показника якості – коефіцієнта технічного використання. Формування ієрархії управління терміном експлуатації реалізується на основі програмного підходу. На рисунку 1 зображена ієрархічна залежність показників технічної експлуатації автомобілів.

Теоретичні дослідження показали, що окремі властивості автомобіля, а саме економічність, експлуатаційна потужність, надійність змінюють свої показники під час експлуатації по експоненціальному закону.

При розгляданні питань якості автомобілів опираються на показники надійності, які діють при виробництві та експлуатації автомобілів:

- коефіцієнт технічної готовності КТг;
- коефіцієнт технічного використання КТВ



Рис. 1. – Ієрархічна залежності показників ТЕА

Основним комплексним показником якості виступає показник якості, який базується на коефіцієнті технічного використання КТВ:

$$КТВ = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^m \tau_i + \sum_{i=1}^k \tau_j} \quad (1)$$

де t_i - час протягом, якого зберігається працездатність в i -ому циклі функціонування автомобіля; τ_i - час витрачений на відновлення після i -тої відмови транспортного засобу (поточний ремонт ПР); τ_j – тривалість виконання j -ого профілактичного впливу, який вимагає виведення транспортного засобу з працездатного стану (технічне обслуговування ТО); n – кількість робочих циклів протягом періоду, який досліджують; m -кількість відмов протягом періоду, який досліджують; k – кількість профілактичних впливів, що вимагає виведення транспортного засобу з працездатного стану протягом періоду, який досліджують.

Початкові данні для дослідження були надані компанією, яка займається обслуговуванням та ремонтом вантажних транспортних засобів Scania.

Типи автомобілів, які досліджувалися:

1. автомобіль-самоскид марки Scania, який перевозить навалочний вантаж, у кількості 10 одиниць;
2. автомобіль-сідельний тягач марки Scania, який перевозить товарно-штучний вантаж, у кількості 13 одиниць.

Після виконання оброблення експериментальних даних за допомогою програми Excel отримали статистичні моделі, які відображують залежність позапланових робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту від пробігу автомобілів з початку експлуатації.

На рисунку 2 наведено лінійні функції зміни значень питомої трудомісткості технічного обслуговування та поточного ремонту для вантажних автомобілів з урахуванням позапланових робіт. Отримавши ці показники за допомогою аналітичної надбудови «розв'язувач» в програмі Excel визначили оновленні параметри показника якості - коефіцієнт технічного використання рухомого складу, який досліджувався (таблиця 1).

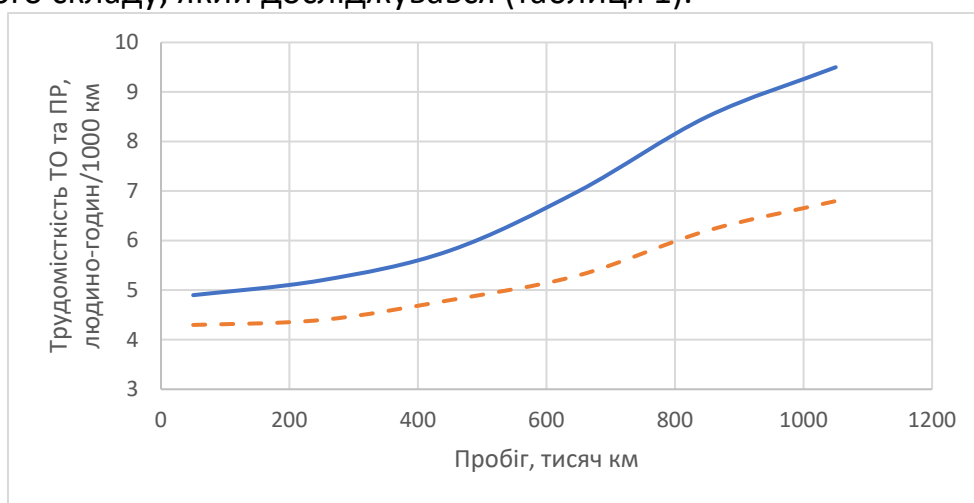


Рис. 2. – Графіки зміни показника питомої трудомісткості ТО та ПР автомобілів-самоскидів (суцільна лінія) та автомобілів-тягачів (штрихова лінія)

Таблиця 1 – Показники якості роботи транспортних засобів

Пробіг, тисяч км	500	600	700	800	900	1000
Ктв	0,932	0,918	0,911	0,904	0,887	0,875

Висновки. Використовуючи результати дослідження маємо можливість визначити показники технічної експлуатації автомобілів: питома трудомісткість технічного обслуговування та поточного ремонту, оптимальний термін експлуатації автомобілів з урахуванням позапланових робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія: підручник. Київ: Вища школа, 2007.-527с.
2. Коробкін В.Ф. Технічна експлуатація автомобілів. Краматорськ: Донбаська нац.академі будівництва і архітектури, 2010 – 411с.

УДК 656.025.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ РИЗИКІВ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЕКТУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕГАБАРИТНОГО І ВЕЛИКОВАГОВОГО ВАНТАЖУ (ЛОПАТЬ РОТОРА ВІТРОВОГО ГЕНЕРАТОРА)

С.І. Чеберячко¹, О.В. Дерюгін², Р.А. Кривий³

¹доктор технічних наук, професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна, e-mail: sicheb@ukr.net

²кандидат технічних наук, доцент кафедри управління на транспорті, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна, e-mail: oleg.kot@meta.ua

³студент групи 275м-21-1, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна, e-mail: haglekin@gmail.com

Анотація. В роботі обґрунтовано заходи з усунення логістичних ризиків транспортного проекту перевезень негабаритного і великовагового вантажу автомобільним транспортом.

Ключові слова: негабаритний і великоваговий вантаж, логістичний ризик, автомобільні вантажні перевезення, вантажний автопоїзд, метод *fuzzi Dematel*

LOGISTICAL RISKS INVESTIGATION OF TRANSPORT PROJECT OF OVERSIZED AND HEAVY CARGO FREIGHT ROAD TRANSPORTATION (WIND GENERATOR ROTOR BLADE)

Serhiy Cheberyachko¹, Oleg Deryugin², Roman Kryvyi³

¹Dr. Sc. (Tec.), Professor of Department of Labour Protection and Civil Safety, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine; e-mail: sicheb@ukr.net

²Ph. D., Associate professor of Department of Transportation Management, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: oleg.kot@meta.ua

³Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: haglekin@gmail.com

Abstract. The paper substantiates measures to eliminate the logistical risks of the transport project of transportation of oversized and heavy cargo by road.

Keywords: oversized and heavy cargo, logistics risk, car freight transportation, freight vehicles, *fuzzi Dematel* method

Вступ. Розвиток вітрової енергетики в Україні в останнє десятиліття приніс із собою поштовх до побудови великої кількості вітрових електростанцій. Необхідно відмітити, що зростаючий попит на альтернативні види енергії, знижує собівартість виробленої електричної енергії і, як наслідок - кінцевий споживач відчуває переваги цього процесу при сплаті комунальних послуг.

Проблеми, які пов'язані з передачею енергії на великі відстані змусило виробників цієї продукції перейти до виробництва більш потужних і ефективних вітрових турбін з довшими лопатями. Зараз багато виробників випускають лопаті довжиною - 57-62 м. Але, збільшення довжини лопаті створює складності при розробці транспортного проекту готового вітрогенератора до міста встановлення. Варіанти транспортування автомобільним транспортом великих лопатей часто обмежені, і вони здійснюються з великою кількістю логістичних ризиків (далі - ЛР), часом і фінансовими витратами. Тому при розробці проекту перевезення відповідного типу вантажу автомобільним транспортом, необхідно врахувати ЛР на всіх етапах транспортного процесу [1, 2, 3, 4].

Мета роботи. Метою дослідження є розробка управлінських рішень, спрямованих на підвищення ефективності вантажних автомобільних перевезень (далі - ВАП) негабаритного і великовагового вантажу (далі - НіВВ) - лопать ротора вітрового генератора за рахунок мінімізації або усунення ЛР при розробці транспортного проекту.

Вирішення задач, які формують мету представленого дослідження полягають в наступному:

- визначити алгоритм дослідження ЛР методом fuzzy Dematel;
- провести комплексне оцінювання ЛР при розробці транспортного проекту ВАП НіВВ за значенням методом;
- запропонувати управлінські рішення, які спрямовані на мінімізацію або усунення ЛР при розробці транспортного проекту ВАП НіВВ.

Матеріали і результати дослідження. Для досягнення поставленої мети скористаємось методом випробування та оцінки прийняття рішень "Decision Making Trial and Evaluation" (далі - метод fuzzy Dematel) вперше був розроблений для встановлення структури комунікаційного відображення для визначення причинно-наслідкового зв'язку між вимірами та критеріями на основі теорії графів. Метод fuzzy Dematel перевершує інші багатокритеріальні методики прийняття управлінських рішень, таких як методи "Interpretive structural modeling" (ISM) і "Analytic Hierarchy Process" (АНР), оскільки вона дозволяє ефективно оцінити загальний ступінь впливу різних факторів або проблем, виділити причинно-наслідкові групи і встановити причинно-наслідкові зв'язки [19, 20]. Використання нечіткостей в методі fuzzy Dematel дозволяє використовувати неточну інформацію, яка типова для звичайних людських суджень. Він включає 4 основні етапи [5, 6].

Формування даних для аналізу. Для виявлення областей, у яких можливо вдосконалення процесу, необхідно зібрати дані, які стосуються досвіду проблеми, що розглядається, щоб можна було застосувати різні кількісні та якісні операції для уточнення деталей.

Ідентифікація отриманих даних. Інформація, зібрана на етапі А, важлива для виявлення потенційних проблем, що перешкоджають нормальному функціонуванню транспортного процесу ВАП. Виходячи з характеру отриманої інформації, проводиться кількісний та якісний аналіз даних. Можливе також перетворення якісних (логістичних висловлювань) даних у кількісні та навпаки.

Аналіз взаємозв'язків. Число проблем, виділених на цьому кроці, може змінюватись в діапазоні від декількох одиниць до дуже великих значень. Вважається, що жодна із проблем не існує сама по собі, поза зв'язком з іншими. Інакше висловлюючись, кожна проблема може проводити інші чи залежати від інших проблем. Отже, важливо проаналізувати взаємозв'язки між проблемами.

Інтерпретація отриманих результатів. На цьому етапі виконується інтерпретація результатів аналізу, проведеного на етапі аналізу взаємозв'язків.

Наведені чотири етапи представленого алгоритму можна розбити на декілька послідовних кроків проведення дослідження (рис. 1), які дозволять отримати відповідний результат з аналізу впливу тих чи інших небезпечних чинників (далі - НЧ) на ефективність функціонування транспортного процесу ВАП.

I ЕТАП - ФОРМУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ АНАЛІЗУ

Крок 1. Формування групи експертів-фахівців відповідної галузі, які мають теоретичний і практичний досвід в відповідній сфері діяльності з метою ідентифікації небезпечних чинників, пов'язаних з професійною діяльністю працівника та їх наслідків.

Крок 2. Визначення критеріїв оцінювання і розробка нечіткої лінгвістичної шкали для проведення експертного оцінювання.

II ЕТАП - ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОТРИМАНИХ ДАНИХ

Крок 3. Побудова нечіткої нормалізованої матриці прямого зв'язку \tilde{Z}_i на підставі результатів експертних суджень проблеми, що розглядається.

Крок 4. Аналіз початкової нормалізованої нечіткої прямої матриці і перетворення шкали критеріїв оцінювання на шкалу порівнянних значень, в трикутні числа розроблених критеріїв оцінювання.

III ЕТАП - АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ

Крок 5. Побудова і розрахунок прямої матриці зв'язків \tilde{T} нормального відношення.

Крок 6. Значення виразів $R_i + C_j$ і $R_i - C_j$ дефазифікуються (перетворення нечіткої множини в чітке число за ступенем приналежності) за допомогою методу використання техніки дефазифікування центру області значень (COA).

IV ЕТАП - ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Крок 7. Побудова причино-наслідкової діаграми. Проведення аналізу отриманих результатів.

Рис. 1. – Алгоритм методу fuzzy Dematel

На першому кроці проводиться формування групи експертів-фахівців відповідної галузі, які мають теоретичний і практичний досвід в відповідній сфері діяльності з метою ідентифікації НЧ, пов'язаних з транспортним процесом ВАП та їх наслідків. Для проведення даної процедури підбирали п'ять експертів (табл. 1).

Таблиця 1. Дані експертів, що приймали участь у дослідженнях

Інформація	Кількість
Кількість експертів	5
Досвід роботи на посадах транспортної логістики	від 10 до 14 років
Освіта експертів	вища за фахом транспортні технології
Стаж роботи	більше 10 років
Наявність посвідчення аудитора з систем управління якістю і безпекою компаній	Так
Підвищення кваліфікації з оцінки ризиків за вимогами ISO 45001	Так

На другому кроці проводиться визначення критеріїв оцінювання і розробка нечіткої лінгвістичної шкали для проведення експертного оцінювання. На цьому етапі визначаються різні критерії та ступеня відносної значимості кожної проблеми, а також представляємо їх у лінгвістичних класифікаційних термінах: *дуже високий вплив, високий вплив, низький вплив, дуже низький вплив і ніякого впливу*. Відповіді експертів, перетворені на нечіткі числа з використанням розмитої шкали. Використовувалися трикутні нечіткі числа; трикутне нечітке число \tilde{z} визначається наступним чином: $\tilde{z} = (l, m, u)$, де l, m і u дійсні числа та $l \leq m \leq u$. Функція приналежності $\mu_{\tilde{z}}$ визначається наступним чином:

$$\mu_{\tilde{z}} = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & \text{при } l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & \text{при } m \leq x \leq u \\ 0 & \text{у всіх інших випадках} \end{cases} \quad (1)$$

Третій крок передбачає побудову нечіткої нормалізованої матриці прямого зв'язку на підставі результатів експертних суджень проблеми, що розглядається. Проводиться формування нечітких матриць $\tilde{z}_1, \tilde{z}_2, \tilde{z}_3, \dots, \tilde{z}_p$. Трикутні нечіткі числа були згенеровані відповідно до суджень експертів, які

брали участь в експертному оцінюванні. Початкову пряму матрицю будемо називати нечіткою матрицею \tilde{z}_k :

$$\tilde{z}^k = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{z}_{12}^{(k)} & \dots & \tilde{z}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{z}_{21}^{(k)} & 0 & \dots & \tilde{z}_{2n}^{(k)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{z}_{n1}^{(k)} & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

де $\mu_{\tilde{z}} = 1, 2, 3, \dots, p$; $\tilde{z}_{ij}^{(k)} = (l_{ij}^{(k)}, m_{ij}^{(k)}, u_{ij}^{(k)})$.

Без обмеження загальності $\tilde{z}_u^{(k)} = (i = 1, 2 \dots n)$ буде розглядатися як трикутне нечітке число $\tilde{z} = (0, 0, 0)$, коли це потрібно.

На четвертому кроці проводимо аналіз нормалізованої нечіткої матриці прямих зв'язків. Припустимо, що:

$$r_k = \max_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n u_{ij}^k \right). \quad (3)$$

Для перетворення шкали критеріїв у шкалу порівнянних значень використано лінійне перетворення, і нормалізована нечітка матриця прямих зв'язків, отримана за результатами експертного оцінювання і має наступний вигляд:

$$\tilde{x}^k = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}^{(k)} & \tilde{x}_{12}^{(k)} & \dots & \tilde{x}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{x}_{21}^{(k)} & \tilde{x}_{22}^{(k)} & \dots & \tilde{x}_{2n}^{(k)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{n1}^{(k)} & \tilde{x}_{n2}^{(k)} & \dots & \tilde{x}_{nn}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (4)$$

де $k = 1, 2, 3, \dots, p$.

$$\tilde{x}_{ij}^{(k)} = \frac{\tilde{z}_{ij}^{(k)}}{r^k} = \left(\frac{l_{ij}^{(k)}}{r^k}, \frac{m_{ij}^{(k)}}{r^k}, \frac{u_{ij}^{(k)}}{r^k} \right). \quad (5)$$

Подібно тому, як це прийнято у звичайному методі Dematel, ми вважаємо, що є принаймні одне значення i таке, що $\sum_{j=1}^n u_{ij}^k < \sum_{j=1}^n r^k$.

\tilde{X} позначає середнє значення суджень всіх експертів, які брали участь в оцінюванні технологічного процесу:

$$\tilde{X} = \frac{\tilde{x}^1 + \tilde{x}^2 + \dots + \tilde{x}^p}{p} \quad (6)$$

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \dots & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \dots & \tilde{X}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{X}_{n1} & \tilde{X}_{n2} & \dots & \tilde{X}_{nn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\text{де } \tilde{X}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p \tilde{x}_{ij}^{(k)}}{p}.$$

П'ятий крок полягає в розрахунку загальної нечіткої матриці зв'язків \tilde{T} . Відомо що, $\lim_{W \rightarrow \infty} X^W = \Theta$, де Θ - нульова матриця. Крім того, відомо, що $\lim_{W \rightarrow \infty} (1 + \tilde{X} + \tilde{X}^2 + \dots + \tilde{X}^W) = X \cdot (1 - \tilde{X})^{-1}$. Обидва ці співвідношення доведені у [6]. Остання матриця і є загальною нечіткою матрицею зв'язків \tilde{T} .

Шостий крок полягає в розрахунку загальної матриці зв'язків \tilde{T} . Також обчислюються вектори значущості та відносного становища.

На сьомому кроці всі нечіткі числа перетворюються на точні значення. Для цього використовується наступний варіант методу CFCS. Припустимо, що є трикутні нечіткі числа $\tilde{N}_k = (l_k, m_k, u_k)$; $k=1, 2, \dots, n$. За умови, що $L = \max(l_k)$; $R = \max(u_k)$; $\Delta = R - L$. Тобто звичайне значення \tilde{N}_k розраховується за наступною формулою:

$$\tilde{N}_k^{def} = L + \Delta \times \frac{(m_k - L)(\Delta + u_k - m_k)^2 (R - l_k) + (u_k - L)^2 (\Delta + m_k - l_k)^2}{(\Delta + m_k - l_k)^2 (\Delta + u_k - m_k)^2 (R - l_k) + (u_k - L)(\Delta + m_k - l_k)^2 (\Delta + u_k - m_k)} \quad (8)$$

За результатами розрахунку, який проведено на 7 кроку, будується причино наслідкова діаграма. Після виявлення найбільш впливових НЧ проводимо оцінку ЛР який передбачає визначення його рівня як суми добутку вірогідності небезпечної події (далі - НП) ($B_{\pi j}$) і тяжкості наслідків ($T_{\pi j}$) від усіх попередньо встановлених найбільш впливових НЧ.

$$R_{\pi} = \sum (B_{\pi j} \times T_{\pi j}) \quad (9)$$

У випадку отримання від'ємних значень, рівень ЛР приймається рівним нулю і вважається низьким. Градації рівнів впливу означених величин приводяться в таблицях 2, 3. Після визначення рівня ЛР пропонуються рішення щодо запобіжних дій для його зниження.

Таблиця 2. Рівні вірогідності (B_{pi}) НП

Градація рівня впливу	Рівень імовірності НП	Характеристика (опис)
1	Неможливий	Імовірність близька до нуля
2	Практично неможливий	Надзвичайно мало ймовірно, що подія відбудеться протягом строку
3	Малоймовірний	Малоймовірно, але може раз відбутися протягом строку
4	Рідкий	Відбувається принаймні один раз протягом строку
5	Імовірний	Відбувається кілька разів протягом строку
6	Високо ймовірний	НП відбувається часто протягом розгляданого строку

Таблиця 3. Рівні тяжкості наслідків (T_{pi}) НП

Градація рівня впливу	Рівень тяжкості наслідків
1	Незначний
2	Низький
3	Помірний
4	Значний
5	Високий
6	Катастрофічний

Як вже зазначалось необхідною умовою успішної оцінки ПР є виявлення всіх потенційних НЧ, що є основою першого кроку в оцінці ПР - ідентифікації небезпек. До основної складності згаданого процесу відносять - обробку значної кількості інформації, тобто визначення впливу того чи іншого чинника на основі встановлення причинно-наслідкових зав'язків, що випроводимо за допомогою методу fuzzyt Dematel. Група експертів (табл. 1) окремо один від одного, проводила попарні порівняння з визначених НЧ (табл. 4) та заповнювала відповідну матрицю-діаграму (рис. 2) заздалегідь встановленими критеріями (табл. 5). Нажаль на цей процес має доволі значний вплив суб'єктивні судження експертів, які підсилюються можливими когнітивними спотвореннями. Тому виникає необхідність у застосуванні різноманітних математичних підходів для обробки отриманих результатів від експертів та перевірки їх оцінок на викиди застосовується критерій Граббса:

$$G_{\max} = \frac{X_n - \bar{X}}{s}, \quad (10)$$

де X_n - запропоновані оцінки експертів; \bar{X} - середнє значення вибірки; S - середнє квадратичне відхилення.

Де необхідно розрахувати математичне очікування або середнє значення отриманих результатів:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i. \quad (11)$$

Також необхідно розрахувати середнє квадратичне відхилення:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}. \quad (12)$$

За допомогою наведених формул перевіряємо на викид максимальні і мінімальні результати оцінок експертів за умови, що показник перевищить критичне значення:

$$\begin{cases} G_{\max} \geq G_{n, 1-\alpha} \\ G_{\min} \geq G_{1, 1-\alpha} \end{cases}, \quad (13)$$

де α – рівень значимості, який визначається у відповідності до вимог [7].

У разі невиконання вказаної нерівності результати оцінок будуть вважатися викидами, які необхідно виключити. При чому з експертами, що дали таку оцінку проводиться роз'яснення для виявлення причин обґрунтованості їх вибору балів під час проведення експертизи. Критичні значення статистик вибираються виходячи із закону розподілу випадкової величини. Дані значення можуть бути знайдені для нормального розподілу відповідно до вимог [7, 8]. У разі підозри на два викиди, проводиться оцінка сукупності результатів на двовикидну статистику Граббса.

Дуже часто запропоновані захисні заходи зменшують імовірність ЛР, але не усувають небезпеку. У цих випадках знижується ймовірність ЛР, але його тяжкість залишається без зміни. При рівні ЛР категорично неприйнятний та неприйнятний розуміємо, що роботи виконувати забороняється без зміни в умовах та без розробки і впровадження заходів щодо зниження ЛР. Першочергово мають бути виконані упереджувальні та захисні заходи для унеможливлення реалізації небезпеки в НП та/або зниження наслідків НП. На основі проведеного аналізу найбільш ймовірною НП при здійсненні ВАП НіВВ - лопаті вітряного генератора є невідповідність РС, що пов'язано з

п'ятьма основними типами НЧ: людського, технічного, транспортного, соціального і факторів зовнішнього середовища, з яких виділено двадцять НЧ, які можуть створювати ЛР при здійсненні ВАП НіВВ (табл. 2.6).

Таблиця 4. – НЧ, які збільшують вірогідність настання ЛР при здійсненні ВАП лопаті вітряного генератора

Категорія небезпеки	Код	НЧ
Людський фактор	A ₁	Психофізіологічний стан водія
	A ₂	Відсутність регулярного підвищення кваліфікації
	A ₃	Брак навичок розуміння системи та ефективного прийняття рішень під час керування транспортним засобом (далі – ТЗ) при перевезенні НіВВ
	A ₄	Недостатній професійний досвід водія при здійсненні перевезень НіВВ
	A ₅	Недостатня кваліфікація осіб, які виконують навантажувально-розвантажувальні роботи
Технічний фактор	A ₆	Експлуатація технічно несправного ТЗ
	A ₇	Невідповідність вантажопідйомності ТЗ параметрам вантажу
	A ₈	Використання для перевезення НіВВ невідповідного ТЗ
	A ₉	Використання неякісних засобів кріплення вантажу
	A ₁₀	Відсутність ефективної системи ТОіР ТЗ
Соціальний фактор	A ₁₁	Незадоволення умовами праці (відсутність нових ТЗ)
	A ₁₂	Незадоволення розміром заробітної плати
	A ₁₃	Відсутність грошових доплат за виконання професійних функцій високої складності
	A ₁₄	Незадоволення недосконалою системою організації ВАП НіВВ на автотранспортному підприємстві
Транспортний фактор	A ₁₅	Незадоволення ергономікою робочого місця водієм
	A ₁₆	Невідповідність рухомого складу (далі – РС) автотранспортного підприємства здійснювати перевезення НіВВ
	A ₁₇	Вплив шкідливих НЧ (пил, шум, вібрація, темп-ний режим та ін.)
Фактори зовнішнього середовища	A ₁₈	Перевезення НіВВ в складних погодних умовах
	A ₁₉	Незадовільний стан транспортної інфраструктури на маршруті перевезення НіВВ
	A ₂₀	Невідповідність габаритних розмірів транспортної інфраструктури технологічним можливостям перевезення НіВВ

Процес визначення причинних НЧ на можливість прояву ЛР при транспортуванні НіВВ. На цьому етапі різний ступінь впливу одного НЧ на інші представлено в формі п'яти лінгвістичних термінів: дуже високий вплив (ВВ), високий вплив (В), низький вплив (Н), дуже низький вплив (ДНВ), ніякого впливу (НВ) (табл. 4).

Таблиця 5. – Представлення лінгвістичних термінів ступня впливу одного НЧ на інші

Дуже високий вплив	ВВ	0,75	1	1
Високий вплив	В	0,5	0,75	1
Низький вплив	Н	0,25	0,5	0,75
Дуже низький вплив	ДНВ	0	0,25	0,5
Ніякого впливу	НВ	0	0	0,25

	A1□	A2□	A3□	A4□	A5□	A6□	A7□	A8□	A9□	A10□	A11□	A12□	A13□	A14□	A15□	A16□	A17□	A18□	A19□	A20□
A1□	1□	ДНВ□	ДНВ□	ДНВ□	ДНВ□	В□	ДНВ□	ДНВ□	В□	Н□	ДВВ□	ДВВ□	ДВВ□	В□	ДВВ□	В□	ДВВ□	В□	В□	ДНВ□
A2□	ДНВ□	1□	ДВВ□	ДВВ□	ДНВ□	ДНВ□	Н□	Н□	Н□	ДНВ□	НВ□	НВ□	Н□	Н□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	В□
A3□	ДНВ□	А1ДВВ□	1□	В□	ДНВ□	В□	В□	Н□	Н□	ДНВ□	ДНВ□	НВ□	ДНВ□	НВ□	ДНВ□	ДНВ□	ДНВ□	ДНВ□	ДНВ□	НВ□
A4□	ДНВ□	ДВВ□	В□	1□	НВ□	В□	Н□	ДНВ□	Н□	ДНВ□	Н□	ДНВ□	Н□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	Н□	Н□	Н□
A5□	ДНВ□	ДНВ□	ДНВ□	НВ□	1□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	ДНВ□	НВ□	НВ□	НВ□
A6□	В□	ДНВ□	В□	В□	НВ□	1□	Н□	ДВВ□	В□	В□	ДВВ□	НВ□	НВ□	НВ□	В□	В□	НВ□	НВ□	НВ□	ДНВ□
A7□	ДНВ□	Н□	В□	Н□	НВ□	Н□	1□	ДНВ□	ДНВ□	В□	ДВВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	ДНВ□	ДНВ□	НВ□	НВ□	НВ□
A8□	ДНВ□	Н□	Н□	ДНВ□	НВ□	ДВВ□	ДНВ□	1□	Н□	ДНВ□	В□	НВ□	НВ□	НВ□	ДВВ□	В□	В□	ДНВ□	ДНВ□	Н□
A9□	В□	Н□	Н□	Н□	НВ□	В□	ДНВ□	Н□	1□	НВ□	В□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	ДНВ□
A10□	Н□	ДНВ□	ДНВ□	ДНВ□	НВ□	В□	В□	ДНВ□	НВ□	1□	Н□	НВ□	НВ□	НВ□	ДНВ□	ДНВ□	ДНВ□	НВ□	ДНВ□	НВ□
A11□	ДВВ□	НВ□	ДНВ□	Н□	НВ□	ДВВ□	ДВВ□	В□	В□	Н□	1□	ДВВ□	ДВВ□	ДВВ□	В□	В□	В□	В□	В□	В□
A12□	ДВВ□	НВ□	НВ□	ДНВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	ДВВ□	1□	В□	В□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□
A13□	ДВВ□	Н□	ДНВ□	Н□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	ДВВ□	В□	1□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	ДНВ□	НВ□
A14□	В□	Н□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	ДВВ□	В□	НВ□	1□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	Н□
A15□	ДВВ□	НВ□	ДНВ□	НВ□	НВ□	В□	НВ□	ДВВ□	НВ□	ДНВ□	В□	НВ□	НВ□	НВ□	1□	ДВВ□	Н□	Н□	НВ□	НВ□
A16□	В□	НВ□	ДНВ□	НВ□	НВ□	В□	ДНВ□	В□	ДНВ□	ДНВ□	В□	НВ□	НВ□	НВ□	ДВВ□	1□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□
A17□	ДВВ□	НВ□	ДНВ□	НВ□	ДНВ□	В□	ДНВ□	В□	ДНВ□	ДНВ□	В□	НВ□	НВ□	НВ□	Н□	НВ□	1□	Н□	НВ□	Н□
A18□	В□	НВ□	ДНВ□	Н□	НВ□	НВ□	НВ□	ДНВ□	В□	НВ□	В□	НВ□	НВ□	НВ□	Н□	НВ□	Н□	1□	Н□	Н□
A19□	В□	НВ□	ДНВ□	Н□	НВ□	НВ□	НВ□	ДНВ□	Н□	ДНВ□	В□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	НВ□	Н□	НВ□	1□	НВ□
A20□	ДНВ□	В□	НВ□	Н□	НВ□	ДНВ□	НВ□	Н□	ДНВ□	НВ□	В□	НВ□	НВ□	Н□	НВ□	НВ□	Н□	Н□	НВ□	1□

Рис. 2. – Приклад матриці попарних порівнянь, яку заповнюють експерти

Після отримання експертних оцінок від членів експертної групи, проводиться вимір взаємозв'язків між різними НЧ - I_i | $i = 1, 2, \dots, 3$, число експертів, що приймають участь у прийнятті рішень – три. Отримано 3 нечіткі метрики \tilde{z}^k відповідних матриць нечітких трикутних чисел. Далі будується нормалізована нечітка матриця прямих зв'язків. Кожна нечітка матриця прямих зв'язків \tilde{x}^k обчислюється з використанням нечітких трикутних чисел $\tilde{z}_{ij}^{(k)}$ з матриці \tilde{z}^k на основі співвідношень (3) та (4).

Сумарна нормалізована нечітка матриця прямих зв'язків \tilde{X} розраховується на основі співвідношень (5) та (6). Це дозволяє провести обчислення загальної нечіткої матриці зв'язків \tilde{T} . Потім обчислюються сума рядків та сума стовпців загальної матриці зв'язків \tilde{T} . Сума рядків позначається через \tilde{D} , а сума стовпців через \tilde{R} [9, 10, 11]. В табл. 6 наведено результати розрахунку для $(\tilde{D} + \tilde{R})$ та $(\tilde{D} - \tilde{R})$.

Таблиця 6. – Сумарні значення \tilde{D} , \tilde{R} , вектор значущості та вектор відносного положення

Фактор	\tilde{D}	\tilde{R}	$(\tilde{D} + \tilde{R})$	$(\tilde{D} - \tilde{R})$	Ранг
A ₁	20,4036	25,1789	45,5825	-4,7752656	20
A ₂	26,2286	24,1555	50,3841	2,0730691	3
A ₃	26,2537	26,5834	52,8370	-0,3297363	14
A ₄	26,1544	27,9672	54,1216	-1,8127643	16
A ₅	26,0224	24,8306	50,8531	1,1918125	8
A ₆	26,0723	25,9265	51,9987	0,1458355	12
A ₇	25,8358	24,9320	50,7678	0,9038453	9
A ₈	25,5432	26,8318	52,3750	-1,2886539	15
A ₉	25,1703	24,8667	50,0370	0,3035956	11
A ₁₀	25,1243	23,8513	48,9757	1,2730062	7
A ₁₁	25,3113	28,6225	53,9338	-3,3111754	17
A ₁₂	25,1650	28,6885	53,8535	-3,5234893	18
A ₁₃	24,9446	24,2151	49,1598	0,7295206	10
A ₁₄	24,8140	28,4758	53,2898	-3,6617971	19
A ₁₅	24,5328	23,0716	47,6045	1,4612392	6
A ₁₆	24,9433	21,2497	46,1931	3,6936244	1
A ₁₇	25,2537	22,2429	47,4966	3,0108689	2
A ₁₈	25,5493	23,5070	49,0563	2,0423172	4
A ₁₉	25,6955	23,7244	49,4199	1,9710545	5
A ₂₀	25,5722	25,6691	51,2414	-0,0969072	13

Відповідно до формули (5) виконується процес дефазифікації для векторів значущості та відносного становища. Перетворення дефазифікації показано у табл. 6 і рейтинги причинно-наслідкових проблем задачі, що розглядається. На діаграмі (рис. 3) наведені зв'язки між різними проблемами ВАП, (схема причин і наслідків).

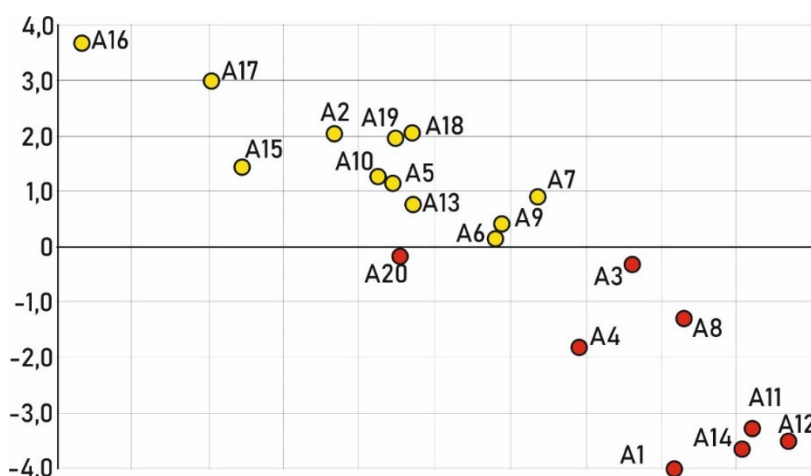


Рис. 3. – Причино-наслідкові зв'язки НЧ (схема причин і наслідків)

В табл. 7 наведено пріоритезацію НЧ над наслідками їх впливу, що дозволяє отримати карту зв'язків між вимірами НЧ, з якої вибираємо найбільш значущі для подальшого оцінювання ЛР. Аналіз отриманих результатів показав, що найбільший ранг мають НЧ, які є найменш прогнозованими і залежить від рівня організації ВАП. До них відносять відсутність можливості підвищення навичок професійної діяльності, майстерності та відсутність належного передрейсового медичного контролю, стану здоров'я водія вантажного автомобіля, наявності спеціалізованого РС на АП для перевезення відповідного типу вантажу. Найімовірніше, це пов'язано зі значною кількістю виробничих завдань і високими нормативними вимогами до транспортного процесу, які, на жаль, у більшості випадків не підкріплені відповідним рівнем контролю і підтримки з боку керівників АП [9-11].

Таблиця 7. – Причинні НЧ та пов'язані з ними наслідкові НЧ

Причинні НЧ	Наслідкові НЧ
A ₁₆ →	A ₂₀ , A ₃ , A ₈ , A ₄ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₄ , A ₁
A ₁₇ →	A ₂₀ , A ₃ , A ₈ , A ₄ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₄ , A ₁
A ₂ →	A ₃ , A ₈ , A ₄ , A ₁₁ , A ₁₄ , A ₁
A ₁₈ →	A ₃ , A ₄ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₄ , A ₁
A ₁₉ →	A ₂₀ , A ₄ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₄ , A ₁
A ₁₅ →	A ₂₀ , A ₃ , A ₈ , A ₄ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₄ , A ₁
A ₁₀ →	A ₂₀ , A ₃ , A ₈ , A ₄ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₄ , A ₁
A ₅ →	A ₃ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₄
A ₇ →	A ₂₀ , A ₃ , A ₄ , A ₁₄
A ₁₃ →	A ₃ , A ₄ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁
A ₉ →	A ₃ , A ₄ , A ₁₁ , A ₁₄
A ₆ →	A ₂₀ , A ₃ , A ₈ , A ₄ , A ₁₁ , A ₁₂ , A ₁₄ , A ₁

З проведеного аналізу можна зробити висновок, що найбільший вплив мають показники, які утворюють НЧ, які пов'язані з транспортними факторами:

- A₁₆ (невідповідність РС АП здійснювати перевезення НіВВ);
- A₁₇ (вплив шкідливих НЧ (пил, шум, вібрація, та ін.);
- A₁₅ (незадоволення ергономікою робочого місця водієм);
- і з технічними факторами:
- A₁₀ (відсутність ефективної системи ТОіР ТЗ);
- A₆ (експлуатація технічно несправного ТЗ).

В табл. 8 наведені результати з оцінки ПР виникнення ЛР при здійсненні ВАП НіВВ з урахуванням встановлених за наведеною процедурою причинних НЧ.

Таблиця 8. – Приклад оцінки ЛР від впливу НЧ при здійсненні ВАП НіВВ

Ідентифікація			Ідентифікація НЧ	Визначення рівня ЛР по кожному НЧ та загального ЛР небезпеки при здійсненні ВАП НіВВ		
Небезпека	НП	Негативні наслідки	Вплив на вірогідність настання НП та/або на тяжкість наслідків НП від НЧ	Вірогідність настання НП від НЧ - <i>i</i>	Ступень тяжкості від настання НП від НЧ - <i>j</i>	Рівень ЛР
ЛР при здійсненні ВАП НіВВ	Невідповідність ТЗ ваговим властивостям НіВВ	Неможливість виконання договірних зобов'язань перед вантажоотримувачем в наслідку неможливості виконання ВАП НіВВ	A ₁₆ (Невідповідність РС АП здійснювати перевезення НіВВ)	7	8	56
			A ₁₇ (Невідповідність РС АП здійснювати перевезення НіВВ)	8	9	72
			A ₁₅ (Незадоволення ергономікою робочого місця водієм)	7	6	42
			A ₁₀ (Відсутність ефективної системи ТОіР ТЗ)	7	7	49
			A ₆ (Експлуатація технічно несправного ТЗ)	8	8	64
			Загальний первинний негативний ЛР небезпеки <i>j</i> від всіх <i>n</i> НЧ	283		

Висновки. Для зменшення впливу або усунення ЛР має бути враховано впровадження управлінських рішень, які спрямовані на оновлення РС АП, відповідної професійної підготовки водіїв і вдосконалення системи організації перевезення НіВВ – які є найбільш впливовими НЧ на величину ЛР. В сукупності, це є фундаментом для впровадження дієвих запобіжних заходів.

За результатами проведеного дослідження виявлено п'ять основних причинних НЧ, що дозволяє в подальшому ретельніше провести дослідження саме цих причинних НЧ. Для цього слід звернути увагу вже на розвиток НП, оцінити дієвість усіх існуючих засобів контролю. Слід зазначити, що більшість відповідних НЧ взаємозалежні, що також потрібно враховувати при визначенні критеріїв вірогідності та тяжкості. Чим більше буде встановлено взаємозв'язків тим, вища повинна бути оцінка у порівнянні з іншими НЧ. У цьому випадку виявлення найбільш ефективних і найбільш уражених критерій і розміри ЛР виконуються з більшою точністю. Тому виявлення та контроль усіх НЧ для зменшення запропоновано два сприятливих результати зменшення шкоди та призначення більшої частки бажаним результатам.

ЛІТЕРАТУРА

1. Римар, З.І. (2019). Перспективи вітроенергетики в Україні. [Електронний ресурс]. Вінницький національний технічний університет. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ebmd/all-ebmd2019/paper/download/7220/6074>.

2. Аналіз та перспективи впровадження вітрових електростанцій. [Електронний ресурс] // Портал молодих науковців ВНТУ. - 2020. - Режим доступу: <http://inmad.vntu.edu.ua/portal/static/0938F1ED3F69-4E84-92F8-5E97A1871E7A.pdf>.
3. Pantsyr, Y., Garasymchuk, I., Duganets, V., Melnyk, M., Yurchenko, O. Current state and prospects of wind energy development in Ukraine. E3S Web of Conferences 154, 06004 (2020), ICoRES 2019, Pp. 1-9. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015406004>.
4. Sesto, E. (1999). Wind energy in the world: Reality and prospects. Renewable Energy, 16(1-4), 888-893. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(98\)00298-5](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00298-5).
5. Joseph, L., Standen, M., Paungmali, A., Kuisma, R., Silitertpisan, P., Pirunsan, U. (2020). Prevalence of musculoskeletal pain among professional drivers: A systematic review. Journal of Occupational Health, 62, 1-17. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12150>.
6. Kose, Y., Karabayir, A.N., Cevikcan E. (2020). The Quick Exposure Check (QEC) Model Proposal Based on Fuzzy Logic for Work-Related Musculoskeletal Risk Assessment. In: Kahraman, C., Cebi, S., Cevik Onar, S., Oztaysi, B., Tolga, A., & Sari, I. Intelligent and Fuzzy Techniques in Big Data Analytics and Decision Making. INFUS 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1029. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23756-1_12.
7. Borodina, N., Cheberiyachko, S., Deryugin O., Tretyak, O., & Bas, I. (2021). Occupational risk assessment of passenger bus drivers. Journal of Scientific Papers «Social Development and Security», 11(2), 81-90. <https://doi.org/10.33445/sds.2021.11.2.8>.
8. Kairatkyzy G., Karsybaev E.E., Abzhapbarova A.Z., Deryugin O.V., Bas I.K. (2022). Improving the efficiency of trucking in the conditions of a mining enterprise, Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 3, 131-136. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-3/125>.
9. Tsopa V., Cheberiyachko S., Yavorska O., Deryugin O., Bas I. (2022). Increasing the safety of the transport process by minimizing the professional risk of a dump truck driver. Mining of mineral deposits, 16(3), 101-108. <https://doi.org/10.33271/mining16.03.101>.
10. Tsopa, V., Borodina, N., Cheberiyachko, S., Deryugin, O., Hilpert, V., & Borovytskyi, O. (2022). Assessment of professional risks of the driver of a technological truck for forestry conditions. Journal of Scientific Papers "Social Development and Security", 12(5), 67-84. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.5.7>.
11. Zhanbirov, Z., Deryugin, O., Toktamysova, A., Agabekova, D., Arkhirei, M. (2023). Research on the impact of cognitive biases of workers on the subjective assessment of occupational risk. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 1, 136-141. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-1/136>.

УДК 669.14.018:621.78

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ВИРОБІВ ІЗ МІЦНОЇ МАЛОПЛАСТИЧНОЇ СТАЛІ

І.В. Дошечкіна¹, Д.В. Дуліч²

¹доцент кафедри технології металів та матеріалознавства, e-mail: divkhadi@ukr.net

²студентка групи МС-41-19, e-mail: dara2001200219@gmail.com

^{1,2}Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

Анотація. В роботі досліджено структурні перетворення та властивості міцної, низькопластичної сталі під впливом гідродинамічного видавлювання, а також подальшого стабілізуючого відпуску.

Ключові слова: гідродинамічне видавлювання, деформація, низькопластична сталь, дислокаційна структура, механічні властивості, стабілізуючий відпуск.

EFFICIENCY OF PRODUCTS HYDRODYNAMIC EXTRUSION FROM LOW DUCTILITY STEEL

Iryna Doshchekina¹, Daryna Dulich²

¹Associate Professor, Department of Metal Technology and Materials Science, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: divkhadi@ukr.net

²Student, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: dara2001200219@gmail.com

Abstract. Structural transformations and properties of strong, low-plastic steel under the influence of hydrodynamic extrusion and subsequent stabilizing tempering were investigated in the work.

Keywords: hydrodynamic extrusion, deformation, low ductility steel, dislocation structure, mechanical properties, stabilizing tempering.

Вступ. Одним із найефективніших способів холодної об'ємної обробки металів тиском є гідроекструзія (ГЕ) – це пресування рідиною під великим тиском (від 103 до 104 МПа), коли метал знаходиться в умовах всебічного об'ємного стискання [1] У багатьох дослідженнях встановлено, що високий гідростатичний всебічний тиск та інтенсивна деформація значно змінюють властивості матеріалів, які оброблюються [2,3]. Поєднання високої пластичності та ударної в'язкості матеріалів при збереженні, а той підвищенні міцності, обумовлено формуванням специфічної більш досконалої дислокаційної (так званої барофрагментованої) субструктури (4,5). В багатьох випадках ГЕ є позаконкурентним способом обробки тиском високоміцних та малоп-

ластичних матеріалів, бо має безперечні переваги: значна пластифікація металу і можливість обробки його з великим ступенем деформації за один прохід без тріщин і розшарування, однорідність деформації, висока якість поверхні, значне зменшення (~ на 40%) питомого тиску пресування і підвищення стійкості матриць, покращення структури та властивостей металу, який оброблюється. Однак ГЕ має і суттєві недоліки – потребує складного і коштовного обладнання, якого ще недостатньо на металообробних підприємствах, а сам процес є малопродуктивним. На наш погляд доцільним може стати використання простого і більш дешевого способу гідродинамічного видавлювання (ГДВ) виробів із легованих високоміцних сталей, якій є своєрідним різновидом ГЕ. Вирішенню цього питання і присвячена робота.

Мета роботи полягає у з'ясуванні можливості використання способу ГДВ для виготовлення заготовок важко навантажених деталей із високоміцних низькопластичних сталей.

Було поставлене завдання дослідити структуру і властивості сталі після деформування способом ГДВ та вплив наступного відпуску на стабілізацію деформованої структури.

Матеріал і результат досліджень. Об'єктом дослідження була сталь 4ХН2МФА. Для виготовлення заготовки валу нагнітальника був використаний спосіб ГДВ, схема якого наведена на рис. 1.

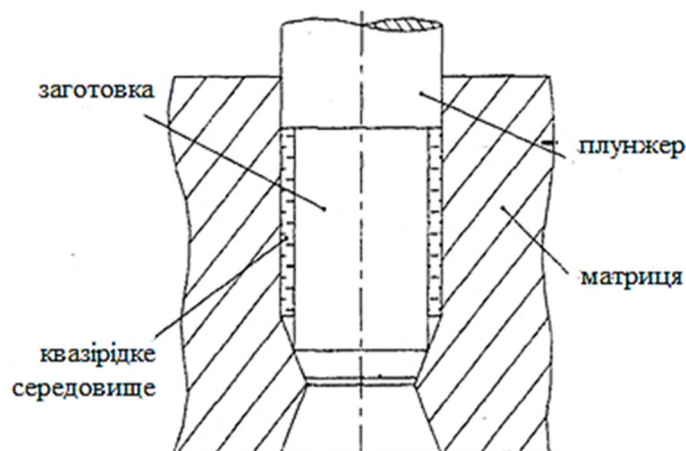


Рис. 1. – Схема отримання заготовок методом ГДВ

Заготовка густо змащується веретенним маслом, яке є своєрідним квазірідким середовищем, і розміщується в контейнері. Під тиском це середовище діє лише на циліндричну поверхню заготовки, а її верхній торець контактує безпосередньо із металевим плунжером. При значному тиску плунжера на мастило створюються умови гідродинамічного всебічного стиснення, що приводить до пластифікації матеріалу заготовки, рівномірному розподілу деформації за її перерізом та до зниження зусилля пресування. Геометрія деформуючого інструменту і заготовки вибиралися з міркувань

досягнення в ступеня деформації $\varepsilon = 35\%$. Після деформації заготовки піддавали відпуску в інтервалі 100 – 600 °С з витримкою 2 години для забезпечення термічної стабільності субструктури деформованого металу.

У вихідному стані сталь 45ХН2МФА мала феритно – перлітну структуру з карбідами різної форми та дисперсності (рис. 2, а). Твердість сталі 225 НВ. З метою покращення структури та полегшення деформування в холодному стані сталь піддавали сфероїдизуючому відпалу при 700 °С протягом 4 годин, який забезпечив структуру зернистого перліту та сфероїдизованих карбідів (рис. 2, б). Твердість зменшилася до 187 НВ, що покращить оброблюваність тиском.

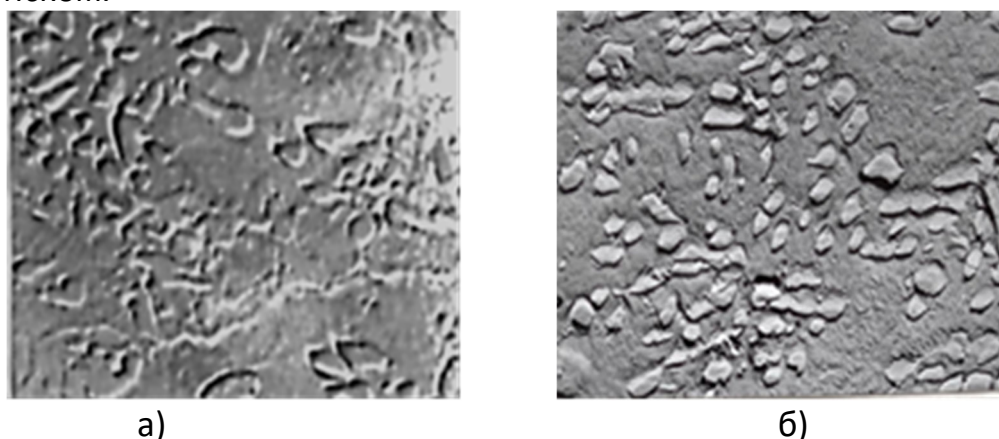


Рис. 2. – Мікроструктура сталі в стані постачання (а) та після сфероїдизуючого відпалу (б); $\times 5000$

Після гідродинамічного видавлювання зафіксовано суттєве збільшення показників міцності, але при достатньо високих характеристиках пластичності сталі. У табл. 1 приведені властивості деформованої сталі при випробуванні на розтягування. Твердість підвищилася до 325 НВ.

Таблиця 1 – Механічні властивості деформованої сталі 45ХН2МФА при розтягуванні

Вид обробки	Властивості					
	Бв, МПа	Б _{0,2} , МПа	Бпц, МПа	δ, %	δ _p , %	ψ, %
Вихідний стан	755	540	490	19	7,2	66,5
Деформація, $\varepsilon = 35\%$	950	900	836	13	4,5	58

Так як зміни властивостей при пластичній деформації обумовлені передусім змінами дислокаційної будови була досліджена тонка структура сталі до і після ГДВ (рис. 3). Деформація призводить до формування розвиненої

коміркової субструктури, яка характеризується розорієнтацією окремих комірок (рис. 3, б), що відображає і вид електроннограм – у вихідному стані електроннограма точкова, а після холодного деформування фіксуються розмиті рефлекси. Це типова тонка структура металу, що утворюється при холодній деформації. Границі комірок являють собою дислокаційні сплетення, а в середині комірок дислокації можуть вільно переміщатися і як наслідок забезпечення запасу пластичності сталі.

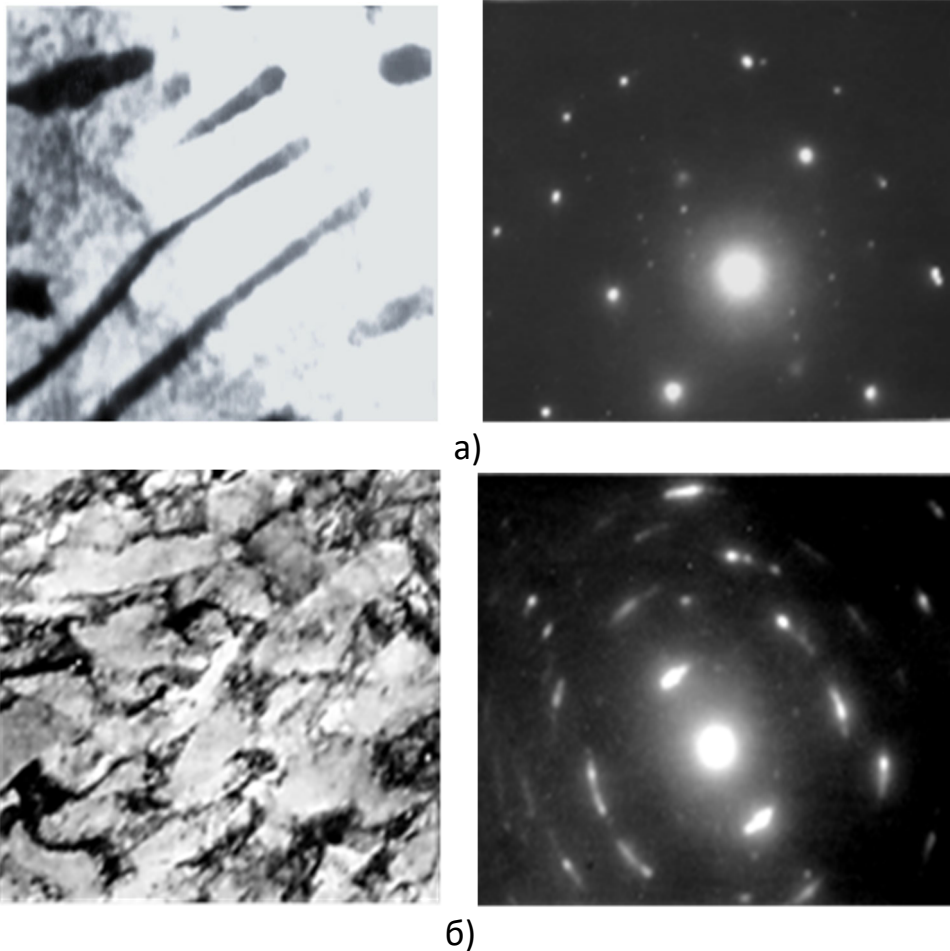


Рис. 3. – Субструктура та електроннограма сталі до (а) та після) б) деформації; $\times 20000$

Якість виробу після наступної термічної обробки в значній мірі залежить від рівномірності властивостей по перерізу деформованої заготовки. Тому в даній роботі було досліджено розподілення твердості за діаметром заготовки до деформації та після. Заготовки видавлювалися через матрицю з різним кутом конуса ($2\alpha = 20^\circ$ та 40°) для варіювання діючим тиском. Отримані результати показали, що деформація за перерізом деформованих заготовок однорідна незалежно від кутів конуса матриці

Після деформування важливе значення мають умови наступного відпуску, у процесі якого формується стійка субструктура, яка забезпечує стабільність післядеформаційних змін.

На рис. 4 наведені показники міцності і пластичності деформованої сталі після наступного відпуску.

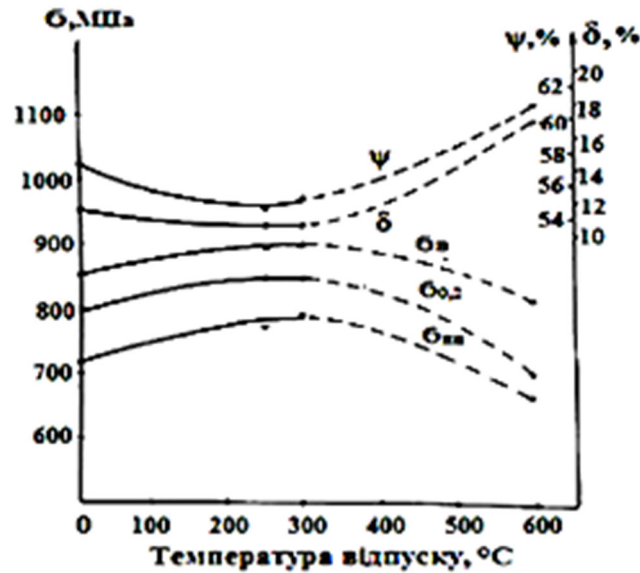


Рис. 4. – Механічні властивості сталі після ГДВ та наступного відпуску

Найкраще поєднання міцності і пластичності забезпечує відпуск в інтервалі 250 – 350 °C. При цьому фіксується і найвища ударна в'язкість – 0,7 МДж/м². Зміни властивостей екструдованої сталі при наступному відпуску обумовлені перебігом двох конкуруючих процесів: деформаційного старіння та повернення. Дослідження свідчать, що субструктура сталі, яка піддавалася відпуску в указаному інтервалі температур, характеризується витягнутими комірками, по границях яких розташовуються дисперсні карбіди (рис. 5).

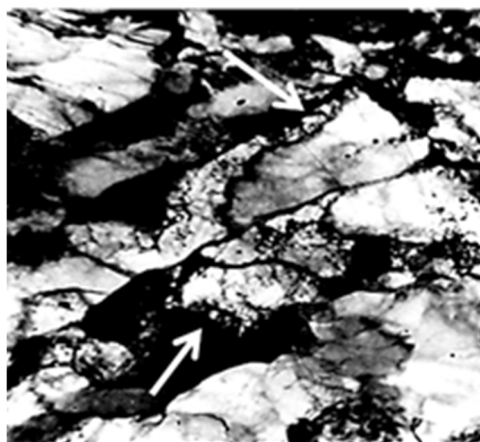


Рис. 5. – Субструктура сталі після гідродинамічного видавлювання та відпуску при 300 °C протягом 2 год, × 25000



При підвищенні температури відпуску відбувається укрупнення комірок, звільнення внутрішніх об'ємів деяких з них від хаотично розташованих дислокацій, удосконалення субграниць, що зумовлено розвитком процесів повернення. Зниження твердості та міцності при відпуску вище 400 °С свідчить про те, що процеси повернення стають превалюючими. Враховуючи характер процесів, які відбуваються при відпуску гідроекструдованої сталі, очевидно, що відпуск при температурі 300 °С є найбільш ефективним, бо приводить до вдосконалення і закріплення субструктури, отриманої після холодної деформації способом ГДВ.

Висновки. Для зниження зусиль деформування та забезпечення рівномірності деформації міцної і малопластичної сталі 45ХН2МФА перед ГДВ видавлюванням необхідний попередній сфероїдизуючий відпал при температурі від 680 до 700 °С протягом 4 год. При деформації формується розвинена комірчаста субструктура, що забезпечує зміцнення сталі при збереженні досить високого запасу пластичності та ударної в'язкості. Післядеформаційний відпуск в інтервалі температур від 250 до 350 °С приводить до вдосконалення коміркової субструктури та закріплення її дисперсними карбідними частинками, що забезпечує стабільність такої структури перед подальшою зміцнювальною термічною обробкою виробу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гідроекструзія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://1677.slovaronline.com/31672> (дата звернення: 6.04.2023).
2. Кондрашев П.В. Технологія конструкційних матеріалів Конспект лекцій/ П.В. Кондрашев, О.Т. Сердітов, Ю.В. Ключников, А.М. Лутай // НТУУ «КПІ», 2017. – 96 с.
3. Опальчук А.С. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Підручник / Опальчук А.С., Афтандіянц Є.Г., Клендій М.Б., Роговський Л.Л., Семеновський О.Є. // – Ніжин: ТОВ "Видавництво "Аспект-Поліграф", 2011. – 792 с.
4. Конспект лекцій з дисципліни "Фізичні процеси при пластичній деформації" для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 136 «Металургія» за освітньо-науковою програмою «Обробка металів тиском» / О.В. Нікулін // – Кам'янське: ДДТУ, 2019. – 43 с.
5. Недибалюк А.Ф. Вплив гідропресування на структуру і непружні властивості сталі ШХ15 / А.Ф. Недибалюк // ВНТУ, 2019. – С. 23-28.

УДК 617.57-77

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОТЕЗІВ ПІД ОРТОТРОПІЧНУ ХІРУРГІЮ

К.А. Зіборов¹, К. Загуба²

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

²студент групи 132-20ск-2, e-mail: zahuba.k.v@nmu.one

^{1,2} Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У статті проаналізовано методи діагностики та виготовлення, якість та можливий функціонал сучасних протезів, а також перспективи їх використання в існуючих умовах.

Ключові слова: протез, ортотропічна хірургія, 3-D моделювання.

SIMULATION OF PROSTHESIS FOR ORTHOTROPIC SURGERY

Kirill Ziborov¹, Kostya Zaguba²

¹Ph.D., Associate Professor, Department of Engineering and Generative Design, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

²Student, e-mail: zahuba.k.v@nmu.one

^{1,2} Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The article analyzes the methods of diagnostics and preparation, as well as the ability and functionality of modern prostheses, as well as the prospects for their discovery in the right minds.

Keywords: prosthesis, orthotopic surgery, 3D modeling.

Вступ. За даними статистики World Health Organization (WHO) близько 12% населення Землі мають порушення функцій і структур організму, що перешкоджають фізичній активності, а також ускладнюють соціальне життя та професійну діяльність людини [1]. В реаліях сучасної України протезування та трансплантологія є значущою частиною хірургії. Хірургічні методики на даний момент розвивають напрям 3-D протезування органічних поверхонь з подальшою інтеграцією у тіло людини. Цей напрям може сягнути великих масштабів. Базовим для нього є моделювання органічної поверхні та підбір матеріалів з найменшим впливом на організм і максимально схожим за характеристиками до основної клітинної структури для реалізації максимальної виконавчої дії.

Мета роботи. Оцінити методи діагностики та виготовлення, якість та можливий функціонал сучасних протезів, а також перспективи їх використання в існуючих умовах.

Матеріал і результат досліджень. В першу чергу, для трансплантології органічної поверхні потрібно зробити попередній аналіз пошкодження [2, 3]. Він дає поняття про характер травм, складність органічної поверхні, можливі наслідки подальшої операції. Всесвітня практика має декілька типів попереднього сканування (рис. 1).

1. Комп'ютерна томографія (КТ): Цей метод використовується для отримання детального 3-D зображення суглобу пальця за допомогою рентгенівських променів. Зображення обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення, що дозволяє створити точну 3-D-модель суглобу.

2. Магнітно-резонансна томографія (МРТ): Цей метод використовується для отримання високоякісного зображення суглобу пальця без використання рентгенівських променів. МРТ-зображення також обробляються за допомогою програмного забезпечення, що дозволяє створити 3-D-модель суглобу.

3. 3-D-сканування: Цей метод використовується для створення 3-D-моделі суглобу пальця на основі сканування фізичного об'єкту. Для цього використовуються спеціальні пристрої для 3-D-сканування, які можуть бути відомі як 3-D-сканери або друкуючі сканери [4].

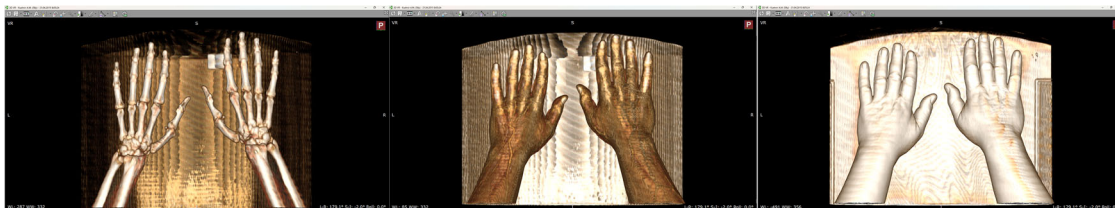


Рис. 1. – Знімки зроблені за допомогою комп'ютерної томографії

Кожна з перерахованих методик має свої підґрунтя та підходить під різні випадки. Одним з найпопулярніших методів є комп'ютерна томографія (КТ).

При скануванні томограф одразу виводить пошарову будову тіла людини. Завдяки пошаровій структурі сканування у лікарів є можливість побачити шар шкіри, м'язову систему, судинно-нервову систему, кістки. Виходячи з отриманих фактів лікарі складають план та мають розуміння якого типу протез потрібен.

Для виготовлення протезу використовуються різні технології:

- виготовлення за допомогою 3-D принтера по металу;
- конструкційно-складні системи зроблені вручну;
- друкування м'яких тканин стовбурними клітинами.

Завдяки тому що сфера 3-D друку має великий вплив на повсякденне життя та має значне поширення вона розповсюдилася й у медичній сфері.

Основним цей метод цікавий для медиків тим, що за його допомоги можна проводити операції високої складності з мінімальними ризиками для здоров'я пацієнта. Оскільки на період 2022-2023 років стали дуже поширені часткові втрати кінцівок травматичного характеру цей метод має змогу врятувати більшість людей, повертаючи їх до нормального життя.

Протезування буває декількох типів [5, 6]: заміщення ураженого органу або кістки, доповнення (пересадка) клітинної тканини за можливості. Вони називаються ортотропічне та гетеротропічне протезування. Ортотропічне протезування вже дуже розповсюджене в медицині (стоматологія, хірургія м'яких тканин та органів). З приводу ортотропічної хірургії у кістках є проблематики. Основною проблемою є складність протезування при розкрихуванні частини кістки на уламки (рис. 2).



Рис. 2. – Типи травматичного перелому кістки

Складністю є також можливе подальше трощення кістки після протезування. Перш приводом для цього є новоутворення нової кісткової тканини, яка буде вичавлювати протез з посадкового місця. Це також може призвести до викривлення кістки та зміни її форми у відсотковій залежності від загального об'єму нової кісткової маси.

Завдяки використанню комп'ютерної томографії та технологіям 3-D друку цей ризик зменшується до мінімуму. Використання КТ дозволяє побачити масштаб ушкодження до 0,25 мм. Це дозволяє зробити протез, який буде мати абсолютно ідентичну органічну форму поверхні та матиме щільність кріплення без загрози подальшого зламу в тому ж місці.

Використання 3-D друку має переваги з іншими більш розповсюдженими сьогодні методами протезування. Завдяки даним з КТ ми отримуємо максимально деталізовану модель пошкодження одразу у 3-D моделі. Точність друку сягає менше 0,1 мм, а товщина об'єкту друку мінімально може



бути до 0,3 мм. Завдяки такій точності ризик виходу протезу з ладу зменшується до 0,2-1%. Також при виготовленні протезу важливою частиною є підбір матеріалу з якого він буде складатися.

Є протези :

- керамічні;

- титанові;

- полімерні;

- композитні.

Загальна хірургічна практика дійшла висновку що використання одноеlementного протезу можливе але його ефективність сягає приблизно 65-80% від органічного.

Протез який повинен кріпитися до травмованої кістки зобов'язаний в місті контакту мати титанове кріплення оскільки титан має гарні параметри приживальності до кістки. Частина протезу яка повинна виконувати фрикційну функцію може бути керамічною або полімерною (в залежності від типу та сили навантажень прикладених до поверхні протезу). А інформація щодо формування контактних поверхонь та форми протеза береться з КТ.

Сукупність цих факторів призводить до того що протезування стає не тільки медичною, а й інженерною задачею. Чіткість сканування, підбір матеріалів, проектування форми та хірургічна імплантація дає можливість чітко відтворити ушкоджені органи людини з мінімальними ризиками для здоров'я.

Висновки. В даний час протезування досягло помітного успіху. Воно здатне значно покращити якість життя людини, яка перенесла травму чи ампутацію. Наукові дослідження в галузі протезування не уповільнюють темпів, надалі можна буде очікувати, що протези отримають більший спектр можливостей, стануть легкими, міцними, чутливими, енергоємними та максимально адаптованими до потреб людини, що чуйно відповідають усім її запитам. Також не виключено, що незабаром з'являться інноваційні розробки з новими можливостями, які дозволять протезам навіть перевершувати за своєю функціональністю природні кінцівки.

ЛІТЕРАТУРА

1. World Health Organization (WHO). World Health Organization (WHO). URL: <https://www.who.int/> (date of access: 20.04.2023).

2. Протезування та штучні органи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / І. Ю. Худецький, Ю. В. Антонова-Рафі, Г. В. Мельник, Є. В. Сніцар ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 21,124Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 184 с.



3. Тотальне ендопротезування кульшових та колінних суглобів при різних варіантах їх одночасного ураження у хворих на ревматоїдний артрит Режим доступу: ar-rerasyumenko-a-s.pdf (ito.gov.ua)

4. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування : навчальний посібник / О. Д. Манжілевський, Р. Д. Іскович-Лотоцький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 105 с.

5. Тема 7. Домедична допомога при травмах та пораненнях. транспортна іммобілізація URL: https://arm.naiiau.kiev.ua/books/home_preparation/info/lec7.html (date of access: 20.04.2023).

6. Пошкодження передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглоба. ДУ Інститут травматології та ортопедії НАМН України. URL: <https://ito.gov.ua/statti/poshkodzhennya-perednoji-hrestopodibnoji-zvyazki-kolinnogo-sugloba.html> (дата звернення: 20.04.2023).

УДК 332.155

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ ЗАДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МІСЦЕВОЇ ЕКОНОМІКИ

М.В. Ільїна

завідувач відділу екосистемного оцінювання природно-ресурсного потенціалу, Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії Наук України», Київ, Україна, e-mail: maria_ilina@ukr.net

Анотація. У роботі проаналізовано основні науково-організаційні й економічні заходи, спрямовані на стимулювання впровадження екологічних та енергетично ефективних технологій в Україні у сучасних умовах. Зроблено наголос на специфічних напрямках посилення інноваційної діяльності на локальному та регіональному рівні.

Ключові слова: енергоефективність, екологічна інновація, інструмент, громада, екологічна місткість.

SUPPORTING THE INTRODUCTION OF ECOLOGICAL INNOVATIONS TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF LOCAL ECONOMIES

Maria Ilina

Head of Department of Ecosystem Assessment of Natural Resources Potential, Public Institution 'Institute of Environmental Economics and the Sustainable Development of National Academy of Sciences of Ukraine', Kyiv, Ukraine, e-mail: maria_ilina@ukr.net

Abstract. The paper presents principal scientific, organizational and economic measures aimed at stimulating the introduction of ecological and energy-efficient technologies in Ukraine considering the current challenges. The emphasis is made on specific tools able to enhance innovations on local and regional levels.



Keywords: energy efficiency, ecological innovation, tool, community, environmental capacity.

Вступ. Актуальність впровадження екологічних та енергоефективних технологій зумовлена загальною спрямованістю сучасної глобальної політики управління територіальними спільнотами на дотримання принципів сталого розвитку, зеленої економіки, посилення енергетичної незалежності та безпеки Європи й України в контексті нинішніх геополітичних викликів.

Впровадження екологічних та енергоефективних технологій в Україні зумовлюють вимоги таких документів, як Угода про асоціацію України та Європейського Союзу; Рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про виклики і загрози національній безпеці України в екологічній сфері та першочергові заходи щодо їх нейтралізації» (Указ Президента України від 23.03.2021 р. № 111/2021); Законів України від 21.10.2021 р. № 1818-IX «Про енергетичну ефективність» та від 22.06.2017 р. №2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель»; Національного плану дій з енергоефективності на період до 2030 року (розпорядження КМУ від 29.12.2021 №1803-р); Постанови КМУ від 23.12.2021 р. №1460 «Про впровадження систем енергетичного менеджменту»; інших вітчизняних та міжнародних документів.

У поточних умовах збройної агресії проти держави, інших загроз та викликів, впровадження інноваційних технологій, у т.ч. екологічних та енергоефективних, потребує наукового обґрунтування стратегій та планів економічного розвитку громад та регіонів. Підприємства та місцеві громади мають отримати інструменти розробки стратегій та планів сталого розвитку, що включатимуть впровадження екологічно й енергетично ефективних технологій, а також оцінки ефективності ухвалених рішень.

Мета роботи полягає у представленні інструментів підготовки й ухвалення науково обґрунтованих рішень, спрямованих на впровадження екологічно та енергетично ефективних технологій на рівні громад, підприємств, домогосподарств та їхніх об'єднань. При цьому до практичних інструментів слід віднести надання інформаційних та консультаційних послуг місцевим органам влади, підприємствам, громадянам та їх об'єднанням у сфері впровадження, експлуатації і моніторингу результатів використання екологічних та енергоефективних технологій.

Матеріал і результат досліджень. Дослідження перспектив впровадження екологічних та енергетично ефективних технологій в Україні у сучасних умовах включає такі етапи:

- проведення наукового дослідження з оцінки екологічної стійкості територій регіонів України з метою визначення найбільш перспективних громад для релокації підприємств та переміщення осіб;

- розробка рекомендацій та пропозицій органам влади щодо стратегій розвитку місцевої економіки з урахуванням екологічної місткості територій, наявних природних ресурсів, промислового потенціалу та демографічного статусу;
- обґрунтування стратегій впровадження екологічних та енергоефективних технологій на рівні підприємств і громад;
- розробка, адаптація і алгоритмізація дієвих інструментів стимулювання впровадження відповідних технологій;
- розробка планів розвитку громад та сценаріїв управління підприємствами на засадах впровадження екологічно безпечних та енергетично ефективних технологій.

Результати наукового дослідження мають бути поширені серед підприємців та представників органів місцевої влади з метою популяризації можливостей і перспектив впровадження екологічних та енергоефективних технологій, рециклінгу, стратегій управління відходами.

Визначення екологічної місткості територій регіонів України. За науковими оцінками, найбільш перспективними для переміщення громадян та релокації підприємств наразі є Карпатський, Північно-західний, Центральнотраїнський та Подільський райони. Регіони решти економічних зон зазнали більших або менших руйнувань внаслідок воєнних дій. Тому ці регіони потребуватимуть додаткових зусиль та коштів на відновлення економіки і довкілля.

Екологічну стійкість та місткість територій доцільно визначати в межах міжнародного підходу до екологічного виміру сталого розвитку. Це передбачає розрахунок відповідних індексів за такими агрегованими показниками, як стан екологічних систем, наявність ризиків для їх функціонування, екологічне навантаження та ефективність управління навколишнім природним середовищем на регіональному рівні.

Агреговані показники включають низку відповідних параметрів [1]:

- стан екологічних систем як цілісних природно-ресурсних комплексів – атмосферного повітря, тваринного і рослинного світу, надр, земельних ресурсів;
- стан екологічного навантаження на окремі компоненти довкілля та екосистеми природних комплексів – водних ресурсів, викидів в атмосферне повітря, екологічного навантаження, управління природними ресурсами, поводження з відходами, навантаження на водні об'єкти;
- небезпека природокористування природного, техногенного й антропогенного характеру – радіологічний стан, радіаційна, хімічна й екологічна небезпека;



- регіональне екологічне управління – екологічні проекти, викиди парникових газів, навантаження на довкілля внаслідок переміщення відходів.

Відповідно для регіонів України виділяються території з високою, вищою за середню, середньою, нижчою за середню та низькою екологічною сталістю. Для цих територій визначаються, окрім іншого, терміни капіталізації проектів, у т.ч. екологічних та енергоефективних, реалізованих на рівні окремих територіальних громад та підприємств [2].

Розробка стратегій розвитку громад та підприємств з урахуванням поточних умов, обмежень і викликів. Внаслідок воєнних дій економічне, соціальне та демографічне становище територій та регіонів України суттєво змінюється. Це відбувається внаслідок руйнування інфраструктури, зупинки підприємств, переміщення населення, скорочення доходів бюджетів громад, забруднення довкілля, вичерпання ресурсів та потенціалу відновлення. Після закінчення бойових дій першочерговим завданням для таких територій буде проведення оцінки наявного населення, можливостей швидкого відновлення роботи підприємств та соціальної інфраструктури. Така оцінка дасть змогу визначити кількість інфраструктурних об'єктів, які необхідно відновити або побудувати, та населення, заради якого ці заходи варто реалізовувати. Адже окрім зруйнованості інфраструктури, території різнитимуться за демографічними показниками (кількість наявного постійного населення, переміщених осіб) та економічними (стабільність роботи підприємств, кількість релокованих або новостворених підприємств).

Розвиток громад і територій – це цілеспрямована зміна інституційних, економічних, демографічних, соціальних, культурних, побутових умов їх функціонування з метою підвищення якості життя населення. Функції громад включають забезпечення належного рівня життя, гарантію безпеки, зайнятості, благоустрою житла, освіти, медичного обслуговування, відпочинку й оздоровлення. До обов'язків громад належать також забезпечення проживання населення в середовищі належної якості, раціональне використання природних ресурсів, охорона довкілля, збалансування екологічних та економічних інтересів мешканців громад. В частині економічної політики громади мають сприяти їх розвитку шляхом підвищення ефективності виробництва, створення конкурентного середовища, активізації інвестиційно-інноваційної діяльності [3].

Плани відновлення громад повинні надавати нові можливості, забезпечувати прискорений розвиток, формувати більш ефективну просторову структуру економіки з дотриманням балансу інтересів усіх зацікавлених осіб. Стратегія розвитку громад повинна збігатися з загальнодержавними цілями, перспективами європейської інтеграції, але при цьому враховувати

місцеві особливості та зміни в економічній, демографічній і соціальній структурі. Тому необхідно запропонувати інструменти регулювання соціально-економічного розвитку територій, реструктуризації господарського комплексу з урахуванням місткості локальних еколого-економічних систем.

Відновлення громад та територій вже зараз потребує розробки програм їх комплексного відновлення. Для цього потрібно здійснити збір та аналіз первинної інформації щодо поточного стану громад та потреб щодо їх відновлення. Програма комплексного відновлення громади – це документ, який визначає основні просторові, містобудівні, соціально-економічні цілі відновлення і включає відповідні заходи. Така програма не належить до містобудівної документації, але розробляється у формі електронного документа та вноситься до Реєстру будівельної діяльності у встановленому порядку. Розробка програми здійснюється самостійно фахівцями громади або із залученням експертів, потребує стратегічної екологічної оцінки та узгодження з архітектурною містобудівною інспекцією. Головною метою розробки програми є визначення «точок росту», врахування особливостей території, загроз та викликів її подальшому розвитку. Крім того, ухвалення програми має здійснюватися за результатами громадських обговорень.

На післявоєнний період метою розвитку громад мають стати не лише відновлення інфраструктури, але й забезпечення енергетичної незалежності. В перспективі житлово-комунальне господарство громад має бути переорієнтовано з традиційного газопостачання на електроенергетику. Під час формування оновлених післявоєнних планів розвитку слід розглянути можливість будівництва установок з виробництва сонячної енергії та підприємств з виробництва біопалива. Наприклад, на зруйнованих територіях, де чисельність населення та кількість підприємств суттєво скоротяться, доцільно максимально заліснювати території швидкоростучими видами дерев, які не лише поліпшуватимуть стан довкілля, але й слугуватимуть паливом та виробничою сировиною. З метою екологізації середовища життєдіяльності громади мають додатково стимулювати перехід до маловідходних і наукомістких виробництв і технологій.

Відбудова зруйнованого житла і спорудження нового потребуватимуть окрім фінансових ресурсів великого обсягу будівельних матеріалів, створення підприємств з виробництва таких матеріалів і модульних конструкцій. Це означає додаткові можливості підтримки зайнятості населення та використання місцевої сировини. З метою інтеграції внутрішньо переміщених осіб на тривалу перспективу громади слід урахувувати не лише власну спроможність забезпечення таких осіб житлом, але й робочими місцями, соціальними та освітніми послугами.



Впровадження екологічних технологій. Потреба впровадження екологічних технологій зумовлена викликами та загрозами національній безпеці України в екологічній сфері з огляду на високий рівень ризиків для природних екосистем та здоров'я населення. До основних проблем слід віднести:

- значне забруднення довкілля внаслідок воєнних дій та техногенного навантаження;
- нераціональне використання природних ресурсів;
- значні обсяги накопичених відходів, у т.ч. внаслідок ведення бойових дій;
- загострення екологічних та техногенних проблем;
- недостатній рівень адаптаційних можливостей економіки, що і надалі перешкоджатиме подоланню екологічних проблем та забезпеченню енергетичної безпеки держави;
- неналежний моніторинг стану навколишнього природного середовища.

На практичному рівні наукові дослідження мають завершуватися наданням навчальної, консультативної, інформаційної підтримки громадянам, органам місцевої влади, підприємцям за такими напрямками:

- використання даних щодо обсягів скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти, показників якості води у басейнах рік, обсягів водозабору для зрошування та промислових потреб;
- використання даних автоматизованих систем контролю викидів забруднюючих речовин, визначення якості атмосферного повітря та оцінка впливу його забруднення на здоров'я населення;
- здійснення контролю за спалюванням сухої рослинності з метою зменшення ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря;
- використання даних спеціалізованих порталів цифрових природоохоронних і природно-ресурсних послуг;
- впровадження сталої системи управління відходами: організація роздільного збору твердих побутових відходів, їх утилізація, створення об'єктів інфраструктури з переробки відходів.

Впровадження енергоефективних технологій. Реформа енергоефективності є важливою для України не лише з точки зору економії або охорони навколишнього середовища, а в першу чергу – задля забезпечення енергетичної безпеки та незалежності держави. Ключовим завданням є надання громадянам та підприємцям технічних рішень та консультативної підтримки для впровадження енергоефективних заходів, що стане запорукою енергоефективності на рівні домогосподарств та економічних суб'єктів. Основні заходи в цьому відношенні включають:



- для органів місцевої влади – науково обгрунтовані рішення та інструменти реалізації планів соціально-економічного розвитку громад з урахуванням поточних викликів та загроз, екологічного стану територій, наслідків релокації підприємств та переміщення населення;
- для громадян, об'єднань співвласників багатоквартирних будинків та житлово-будівельних кооперативів – сприяння в отриманні «теплих кредитів» та послуг енергосервісу;
- для підприємств – допомога в організації енергетичного аудиту та менеджменту, комерційного обліку теплової енергії та водопостачання, сертифікації енергетичної ефективності будівель [4];
- впровадження передбаченого Угодою про асоціацію між Україною та ЄС екодизайну енергоспоживчих продуктів та енергетичного маркування, що сприятиме посиленню конкурентоспроможності вітчизняних підприємств, підвищенню вимог та стандартів якості продукції, підвищенню рівня захисту прав споживачів.

Впровадження енергоефективних та екологічних технологій збігається з цілями сталого та «зеленого» розвитку, поширення відновлювальних джерел енергії, підвищення енергоефективності на рівні кінцевих споживачів. Такої мети можливо досягти лише шляхом залучення належно навчених фахівців до реалізації енергоефективних проектів на місцевому рівні, а також шляхом підвищення обізнаності громадян щодо можливостей застосування сучасних енергоефективних і екологічних технологій на побутовому рівні.

На сьогодні, навіть пропри наявні можливості отримання фінансування, основною перешкодою для впровадження енергоефективних технологій є недостатня кількість експертів та громадян, що володіють навичками планування та реалізації відповідних проектів. Особливо актуальною ця проблема є на муніципальному рівні та на рівні ОСББ, і на сьогодні багато міст України вже мають негативний досвід реалізації проектів міжнародної підтримки. Тому навчання якісному плануванню, розробці планів дій зі сталого енергетичного розвитку громад, бізнес-проектів є ключовим завданням.

В перспективі відповідна консультативна й інформаційні підтримка не лише сприятиме забезпеченню енергоефективності громад та підприємств, але й допоможе встановити відкритий діалог з донорами та міжнародними фінансовими організаціями, поширити інформацію про кращі проекти енергоефективності, що вже реалізовані в Україні. Для органів управління та представницької влади такий діалог сприятиме визначенню основних бар'єрів для досягнення енергоефективності як на національному, так і на локальному рівні.

Висновки. Впровадження екологічних та енергоефективних технологій у сучасних умовах потребують, насамперед, проведення наукового дослідження з оцінки екологічної стійкості територій регіонів України. Це дасть змогу визначити найбільш перспективні громади для релокації підприємств та переміщення осіб. Лише на основі такого дослідження мають розроблятися рекомендації та пропозиції органам влади щодо стратегій розвитку місцевої економіки з урахуванням екологічної місткості територій, наявних природних ресурсів, промислового потенціалу та демографічного статусу. Документи місцевого розвитку в свою чергу також мають представляти обґрунтування стратегій впровадження екологічних та енергоефективних технологій на рівні підприємств і громад. Для цього попередньо має бути здійснена розробка, адаптація і алгоритмізація інструментів стимулювання впровадження відповідних технологій.

Окремі зусилля мають спрямовуватися на поширення інформації серед підприємців та представників органів місцевої влади щодо можливостей і перспектив впровадження екологічних та енергоефективних технологій, рециклінгу, стратегій управління відходами. Крім того, у співпраці з місцевими органами влади та усіма зацікавленими сторонами для кожної окремої громади мають бути розроблені декілька науково обґрунтованих сценаріїв ухвалення і реалізації рішень, спрямованих на впровадження екологічно й енергетично безпечних технологій на рівні підприємств, громад та об'єднань громадян.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ilina M. Comprehensive spatial differentiation of territorial communities: case of Zhytomyr region / Ilina M.V., Shpyliova Yu.B. // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series 'Geology. Geography. Ecology'*, 2021. – No. 55, P. 174-186. – Режим доступу: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-13> (дата звернення: 19.04.2023).
2. Бистряков І.К. Фінансово-економічний механізм капіталізації природних ресурсів об'єднаної територіальної громади / Бистряков І.К., Хвесик М.А., Клиновий Д.В. // *Фінанси України*, 2018. – № 4. – С. 19–40.
3. Соціоекологічні імперативи розвитку сільських територіальних громад / Хвесик М.А., Ільїна М.В., Шпильова Ю.Б. – Київ : Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України», 2019. 402 с.
4. Сундук А.М. Потенціал екологічного підприємництва у формуванні нових робочих місць / А.М. Сундук, М.В. Ільїна, Ю.Б. Шпильова // *Ринок праці та зайнятість в Україні: реалії та перспективи* / за наук. ред. С. Кожем'якіної, С. Калініної. – К. : ІПК ДСЗУ, 2018. – С. 299-307.

УДК 629.341

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛЕННЯ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ ГІДРОПРИВОДУ АВТОНАВАНТАЖУВАЧА

Д.О. Міщук¹, Є.О. Міщук², М.М. Балака³

¹доцент кафедри будівельних машин, e-mail: mischuk.do@knuba.edu.ua

²доцент кафедри машин і обладнання технологічних процесів, e-mail: mischuk.ieo@knuba.edu.ua

³доцент кафедри будівельних машин, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua

^{1,2,3}Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. У роботі розглядаються можливості розподілу накопиченої енергії при роботі автотранспорту для періодів його руху, зокрема в процесах гальмування та переміщення на уклоні. Накопичення та рекуперація енергії в системі приводу автотранспорту здійснюється за рахунок гідросистеми зі встановленим гідроакумулятором та електроприводом з генерацією енергії в акумуляторі. Для оцінки величини накопичуваної енергії системою навантажувача пропонується дослідити його енерговитрати на циклограмах енерговитрат.

Ключові слова: рекуперація, автотранспортувач, енергія, енергозбереження.

ENERGY DISTRIBUTION MODELING IN THE HYDRAULIC DRIVE SYSTEM OF A FORKLIFT

D.O. Mishchuk¹, Ye.O. Mishchuk², M.M. Balaka³

¹associate professor of the Department of Construction Machinery, e-mail: mischuk.do@knuba.edu.ua

²associate professor of the Department machines and equipment of technological processes, e-mail: mischuk.ieo@knuba.edu.ua

³associate professor of the Department of Construction Machinery, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua

^{1,2,3}Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. The paper examines the possibilities of distributing the accumulated energy during the operation of the forklift truck for periods of its movement, in particular during braking processes and movements on slopes. Accumulation and recovery of energy in the drive system of the forklift was carry out at the expense of a hydraulic system with an installed hydraulic accumulator and an electric drive with energy generation in accumulators. In order to estimate the amount of energy stored by the loader system, it was suggest studying its energy consumption on energy consumption cycloramas'.

Keywords: recovery, forklift, energy, energy saving.



Вступ. Дослідження перспектив використання енергозберігаючих систем з накопиченням енергії в навантажувачах проведено в роботах [1, 2], де показано, що значні витрати пального при експлуатації навантажувача залежать від умов його роботи.

Моделювання розподілення енергії в системі гідроприводу автонавантажувача є важливою темою досліджень в галузі механіки та автомобільної техніки. Гідропривід використовується в багатьох видах техніки, включаючи автонавантажувачі, які використовуються для переміщення вантажу на складах, в портах, на підприємствах інших місцях. Моделювання розподілення енергії в системі гідроприводу автонавантажувача допомагає вивчити різні аспекти роботи системи, такі як ефективність передачі руху, споживання енергії, розподіл сил на різних елементах системи та оптимізація роботи системи.

Одним із ключових елементів гідроприводу автонавантажувача є гідростатична трансмісія. Гідростатична трансмісія складається з насоса, мотора та системи керування, які взаємодіють між собою та з іншими елементами системи. Насос та мотор працюють разом, перетворюючи енергію руху на енергію роботи та навпаки.

Під час роботи гідроприводу енергія від двигуна передається до насоса, який створює енергію стисненої рідини. В подальшому енергія стисненої рідини передається до мотора, який використовує її для виконання роботи, такої як рух автонавантажувача або підйом вантажу. Розподіл енергії між насосом та мотором є результатом різних процесів, таких як регулювання оберտальної швидкості насоса та мотора, розподіл робочих витрат та оптимізація роботи системи.

Для моделювання розподілення енергії в системі гідроприводу автонавантажувача необхідно врахувати різні параметри системи, таких як робочий тиск рідини в системі, частота обертаня валу насоса та мотора, витрати рідини через гідроциліндри та інші елементи системи. Для цього можуть бути використані різні математичні моделі, чисельні методи та програми моделювання.

Одним з основних аспектів моделювання розподілення енергії є оптимізація роботи системи з метою досягнення максимальної ефективності та економії енергії. Наприклад, можуть бути проведені дослідження щодо визначення оптимальної величини оберտальної швидкості насоса та мотора залежно від навантаження та режиму роботи автонавантажувача, що забезпечить оптимальний розподіл енергії та зниження споживання палива.

Додатково, моделювання розподілення енергії в системі гідроприводу автонавантажувача може включати дослідження взаємодії між гідроприво-

дом та іншими системами автонавантажувача, такими як механічні трансмісії, системи керування двигуном та системи гальмування. Врахування цих аспектів може допомогти вдосконалити роботу всієї системи автонавантажувача в цілому, забезпечуючи більш ефективну та економічну роботу автонавантажувача.

Мета роботи полягає в дослідженні механізму накопичення енергії системою гідроприводу фронтального навантажувача при його переміщенні.

На рис. 1 представлено типову схему розподілення потоків енергії приводу автонавантажувача з гідростатичною передачею та встановленим гідроакумулятором.

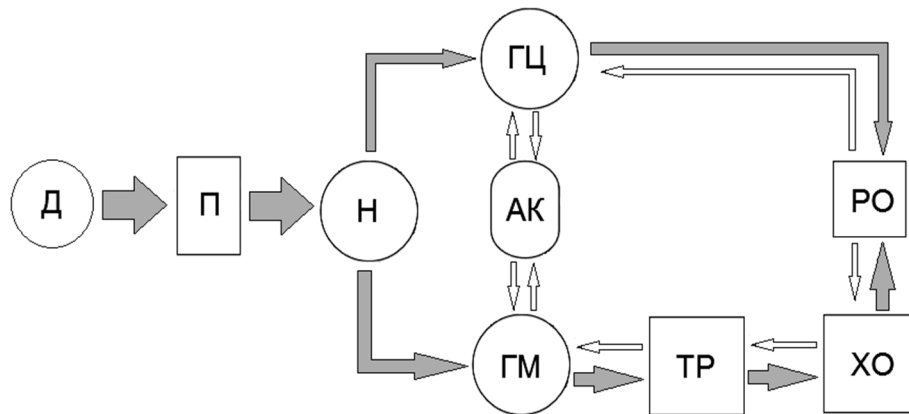


Рис. 1. – Схема розподілення потоків енергії в гідромеханічному приводі автонавантажувача: Д – двигун; П – привід насоса; Н – насос; ГМ – гідромотори; ГЦ – гідроциліндри; АК – гідроакумулятор; ТР – трансмісія; ХО – ходове обладнання; РО – робочий орган

Гідроакумулятор в процесі виконання транспортних режимів руху накопичуватиме надлишкову енергію, яку під час робочих рухів віддаватиме в систему назад, тим самим зменшуватиме навантаження на основний двигун та знижуватиме витрати палива. Величина накопичуваної енергії буде функцією маси вантажу, типу навантажувача, технології роботи машини [3].

В роботі розглядається ефективність застосування гідроакумулятора в гідроприводі автонавантажувача на ділянці траси, яка схематично зображено на рис. 2 і складається з двох частин: криволінійної горизонтальної ділянки та прямої похилої під кутом α . Технологія роботи навантажувача для даної схеми скрадатиметься з наступних технологічних переходів:

1. під'їзд з місця розвороту до місця завантаження по прямій криволінійній ділянці;
2. завантаження вантажу масою m_0 ;
3. повернення заднім ходом в місце розвороту по прямій криволінійній;
4. під'їзд до місця розвантаження по прямій похилій ділянці під ухил;
5. розвантаження вантажу;

6. маневрування;
7. повернення заднім ходом в місце розвороту.

При розрахунку переміщення автотранспорту, необхідно обов'язково дотримуватися умови тягового балансу на кожній з розглянутих робочій ділянці.

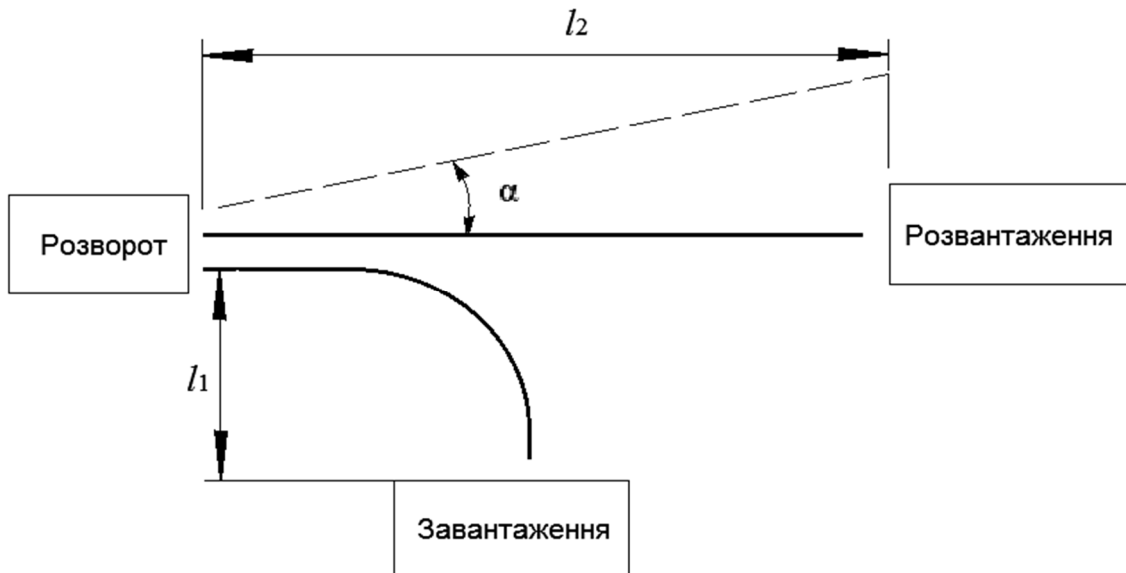


Рис. 2. – Схема розміщення пунктів завантаження та розвантаження для автотранспорту

Рівняння тягового балансу для автотранспорту при транспортуванні вантажу виглядає наступним чином [4, 5]:

$$W_{зч} \geq W_T = W_f \pm W_i + W_{кр} \pm W_{ин}, \quad (1)$$

де $W_{зч} = \varphi_c (0,8m_n + m_e)g$ – сила зчеплення пневмоколісного автотранспорту з дорогою при переміщенні вантажу, Н; $W_T = \frac{N_{дв}}{v} \eta_{заг}$ – сила тяги автотранспорту, Н; $W_f = (m_n + m_e)gf$ – сила опору кочення машини при транспортуванні, Н; $W_i = (m_n + m_e)gi$ – сила опору руху під уклін, Н (знак «+» приймається при русі вгору, а «-» при русі донизу); $W_{кр} = f'(m_n + m_e)g \frac{l}{R}$ – сила опору руху на криволінійній ділянці, Н; $W_{ин} = (m_n + m_e)a_{p(\epsilon)}$ – інерційна сила опору руху при переміщенні автотранспорту, Н (знак «+» приймається при розгоні, а «-» при гальмуванні); m_n – маса автотранспорту, кг; m_e – маса вантажу, кг; φ_c – коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою; $N_{дв}$ – номінальна потужність двигуна, Вт; v – установлена швидкість руху машини, м/с; $\eta_{заг} = \eta_{мех} \eta_{\epsilon}$ – загальний ККД приводу; $\eta_{мех} = 0,85 \dots 0,9$ – механічний ККД

приводу; $\eta_c = 0,7 \dots 0,85$ – гідравлічний ККД приводу; f – коефіцієнт опору кочення; $i = \tan \alpha$ – ухил дороги; α – кут підйому дорожнього покриття; f' – коефіцієнт зчеплення; l – приведене плече прикладання сили тертя на площадці опору колеса з ґрунтом при повороті машини ($l = 0,03 \dots 0,4$ м); R – радіус повороту, м; $g = 9,81$ м/с².

Для попередньої оцінки енергетичного балансу навантажувача та можливості накопичення енергії його системою пересування, визначено витрати потужності на кожній з робочих ділянок руху.

На криволінійній ділянці під'їзду навантажувача без вантажу з місця розвороту до місця завантаження та в зворотному напрямку з вантажем, корисна потужність, яка витрачається, буде визначатися за наступною формулою [5]:

$$N_k = \frac{v_n \sum_{j=1}^N m_j}{\eta_{заг}} \left(g \left(f + f' \frac{l}{R} \right) \pm a_i \right), \quad (2)$$

де a_i – прискорення пуску або гальмування (при пуску приймається знак «+», а при гальмуванні – «-»); v_n – середня швидкість переміщення навантажувача на кожній з ділянок руху; $\sum_{j=1}^N m_j$ – зведена рухома маса (при русі без вантажу прийнято масу навантажувача, а при русі з вантажем – сума мас навантажувача та вантажу).

Прискорення пуску для навантажувача при русі по горизонтальній поверхні буде:

$$a_{пуск} = \frac{N_{об} \eta_{заг}}{N \sum_{j=1}^N m_j} - gf, \quad (3)$$

Для прямолінійної ділянки з ухилом корисна потужність, що витрачається на переміщення, буде:

$$N_n = \frac{v_n \sum_{j=1}^N m_j}{\eta_{заг}} \left(g(f \pm i) \pm a_i \right), \quad (4)$$

де i – ухил ділянки, який для ділянки при русі з вантажем прийнято зі знаком «+», а при русі без вантажу – «-».

Прискорення пуску для навантажувача при русі по горизонтальній поверхні буде:

$$a_{пуск} = \frac{N_{об} \eta_{заг}}{N \sum_{j=1}^N m_j} - g(f \pm i), \quad (5)$$

Для визначення прискорення гальмування, спочатку необхідно визначити довжину залишкового шляху, який повинен проїхати навантажувач після розгону. Так як при переміщенні можливі два типи випадки формування закону переміщення: нормальний закон переміщення, який міститиме ділянку пуску, гальмування і сталого руху та укорочений закон, що має лише ділянки пуску та гальмування. Для нормального закону переміщення, прискорення гальмування можна прийняти рівним прискоренню пуску на даній ділянці, а для укороченого – приблизно буде:

$$a_{\text{гальм.}} = \frac{v_n^2}{2l_2}, \quad (6)$$

де l_2 – довжина ділянки гальмування.

Висновки. Проведені дослідження енерговитрат автонавантажувачем показали, що можливості накопичення енергії енергосистемою навантажувача дозволяють виконати від 30 до 70% рекуперації енергії. Для формування зворотної віддачі енергії системою навантажувача в процесі його гальмування необхідно розробити оригінальний розподільник з електронним керуванням для реалізації оптимальної швидкодії системи рекуперації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Karpenko M. The prospect of using a hydraulic energy-saving drive / M. Karpenko, L. Pelevin, M. Bogdiavichus // Technical and technological problems of service, - 2017. – Nr.3(41), – С. 7-12.
2. Abdulhameed Al. Evaluation of Different Forklift Battery Systems Using Statistical Analysis and Discrete Event Simulation / Al. Abdulhameed, D.Husam, J. Weiss, S.W. Yoon // Industrial and Systems Engineering. Conference at Pittsburgh, - 2017. PA, USA. – С. 117-119.
3. Conte M. Hybrid battery-supercapacitor storage for an electric forklift: A lifecycle cost assessment / M. Conte, A. Genovese, F. Ortenzi, F. Vellucci // Journal of Applied Electrochemistry, - 2014. - №44. – С. 1-10. DOI: 10.1007/s10800-014-0669-z.
4. Bondar V. S., Dubinets O. I., Kolisnik M. P. (2009). Lifting and transporting machines: Calculations of lifting and transporting machines / V. S. Bondar, O. I. Dubinets, M. P. Kolisnik. – Kyiv. High School. – 734 с.
5. Міщук, Д.О. Оцінка можливостей накопичення енергії приводом автонавантажувача / Д.О. Міщук, Є.О. Міщук, М.М. Балака // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 2021. – Вип. 95. – С. 171–177. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.95.0.171.

УДК 656.13:504.61

ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

В.Є. Олішевська¹, Г.С. Олішевський²

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: olishevskavye@nmu.one

²кандидат технічних наук, доцент кафедри електроенергетики, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: Olishevskiyi.H.S@nmu.one

Анотація. В роботі проведено аналіз особливостей забруднення автомобільним транспортом навколишнього середовища. Розглянуто забруднення повітря автомобільним транспортом в Україні і Європейському Союзі.

Ключові слова: автомобіль з двигуном внутрішнього згорання, забруднення автомобільним транспортом навколишнього середовища, викиди CO₂

MOTOR TRANSPORT ECOLOGICAL INFLUENCING ON AN ENVIRONMENT

V.E. Olishavska¹, H.S. Olishavskiy²

¹Ph.D., Associate Professor of Automobiles and Automobile Economy Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: olishevskavye@nmu.one

²Ph.D., Associate Professor of Power Engineering Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: Olishevskiyi.H.S@nmu.one

Abstract. The analysis of features of contamination by the motor transport of environment is conducted in work. Contamination of air by motor transport in Ukraine and European Union is considered.

Keywords: car with a combustion, contamination of environment by the motor transport, CO₂ emissions.

Вступ. Однією з головних сил в економічному розвитку країни є автомобільний транспорт. Але негативні екологічні та соціально-економічні наслідки автомобілізації – забруднення навколишнього середовища, загибель і поранення людей в дорожньо-транспортних подіях (ДТП), транспортні затори, смог, звалища транспортних засобів, що відслужили свій термін, величезні кількості споживаних природних ресурсів – почали помітно проявлятися вже в 60-х роках двадцятого століття, тобто майже через десятиліття після початку бурхливої масової автомобілізації.



За останні десятиліття кількість автомобілів стрімко зростає. Так, у 2010 році число автомобілів, зареєстрованих в масштабах всього світу, перевищило мільярд.

Стрімкий розвиток автомобільного транспорту, з одного боку, сприяє економічному зростанню та поліпшенню рівню життя, а з іншого – призводить до значних екологічних збитків внаслідок зростання техногенного навантаження на довкілля.

Мета роботи. Аналіз екологічного впливу автомобільного транспорту на навколишнього середовища в Україні і Європейському Союзі.

Матеріал та результати досліджень. Автомобільний транспорт в Україні, за даними ІАГ AUTO Consulting, станом на 1 січня 2019 р., складав 10269268 автомобілів, у тому числі: 6,9 млн. легкових автомобілів, 1,3 млн. вантажних автомобілів, більш 840 тис. одиниць мототранспорту, біля 250 тис. автобусів [1]-[3]. При цьому, середній вік автомобілів в Україні наближається до 21,5 років, що значно перевищує середній вік автомобілів в Європейському Союзі (ЄС), який складає 10,5 років, у Німеччині – 9,3 роки, у Польщі – 13,6 років [3].

Сьогодні в структурі сучасного автомобільного парку України більшість автомобілів – це автомобілі з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ), що використовують бензин, дизельне паливо або газ, і є джерелом викидів в атмосферу речовин, що значно погіршують екологічний стан.

Відпрацьовані гази ДВЗ містять дві основні групи шкідливих викидів:

– викиди, що здійснюють пряму негативну дію на організм людини і навколишнє середовище (оксид вуглецю, оксиди азоту, вуглеводи, у тому числі ароматичного ряду, різного типу кислоти, з'єднання свинцю, сірки...);

– викиди, що здійснюють непрямий негативний вплив (двоокис вуглецю, метан, тверді частки і ін.), але є передумовою глобальних екологічних катастроф, таких як утворення фотохімічного смогу, парникового ефекту, озонових дір і ін. [4]-[6].

Особливості розвитку автомобілів в Україні за останні десятиліття привели до того, що сьогодні, за даними Всесвітнього банку, приблизно 40 % забруднювачів повітря в країні (і в м. Дніпро, зокрема) припадає на автомобільний транспорт. Але така ситуація вкрай нерівномірна по регіонах, і, в Києві, наприклад, біля 90 % викидів викликані саме автомобільним транспортом (рис. 1).

Майже у всіх великих українських містах забруднення повітря перевищує стандарти. А три міста України – Дніпро, Київ, Одеса – входять в ТОП-25 найбільш забруднених міст Європи. А оскільки в Україні продовжує зростати автопарк транспортних засобів на ДВЗ, то якість повітря в містах продовжує погіршуватися [7].

Як результат забруднення навколишнього середовища від автомобільного транспорту, в Україні за тридцять останніх років кількість захворювань, особливо у дітей віком від 1 до 11 років, збільшилася у 2...3 рази.

Особливості розвитку автомобільного транспорту, що склалися сьогодні в Україні, не тільки наносять шкідливий вплив навколишньому середовищу, але й вимагають багато коштів. Макроекономічні втрати від забруднення навколишнього середовища автотранспортом в Україні оцінюються експертами в еквіваленті 2,5 млрд. євро щорічно.

В ЄС викиди парникових газів від транспортного сектору, з урахуванням внутрішніх і міжнародних перевезень, за останні тридцять років також значно зросли і в 2018 р. склали 29 %, з яких 15 % – від пасажирських автомобілів (рис. 2) [7]. Зростання кількості викидів парникових газів, в порівнянні з 1991 роком, склало 33 %.

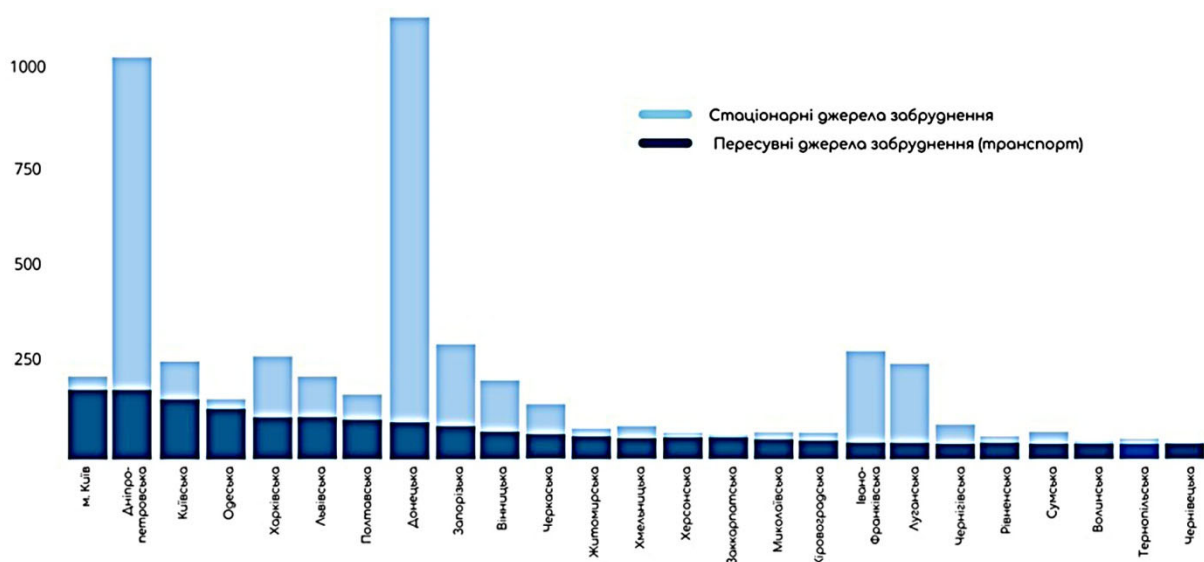


Рис. 1. – Джерела шкідливих викидів в атмосферу в 2014 р.
(Джерела: Аналітичний центр федерації автопрому України; Центр екологічних ініціатив Екодія)

За оцінками експертів, повітря, що забруднено шкідливими викидами, займає четверте місце в містах серед всіх ризиків для здоров'я після високого кров'яного тиску, дієт і куріння [4]-[5].

Таким чином, функціонування автомобільного транспорту супроводжується споживанням дефіцитних ресурсів і негативним впливом на навколишнє середовище.



Рис. 2. – Транспортні джерела викидів парникових газів в ЄС в 2018 р.
(Джерело: ICCT, ЕЕА, Jato Dynamics)

Навантаження автомобільного транспорту на навколишнє середовище буде ще більш зростати тому, що в суспільстві активно відбуваються процеси урбанізації і стрімкого зростання міського населення. Очікується, що до 2025 року кількість міського населення світу досягне 4,54 млрд. осіб, а до 2050 року – біля 6,29 млрд. осіб.

Зрозуміло, що екологічне навантаження автомобільного транспорту потребує розробки і впровадження ефективних заходів з охорони навколишнього середовища і, зокрема, атмосферного повітря, захисту здоров'я жителів міст від шкідливого впливу автомобільних викидів [4]-[7].

Заходи щодо зменшення шкідливих викидів від автомобілів з ДВЗ постійно проводяться. Наприклад, з метою скорочення викидів було введено екологічні стандарти Євро. Але сьогодні в Україні кількість автомобілів, що відповідають стандарту Євро-5, складає не більше 6 % [3].

В ЄС з моменту введення екологічної категорії Євро-0 (1991 р.) до Євро-6 (2014 р.), середнє скорочення викидів CO₂ склало 9,5 %, тобто 0,5 % у рік [3], [7]. Зміна середньозважених викидів CO₂ у ЄС від нових автомобілів, яка відбувалася з 2015 р. по 2020 р., показана на рис. 3; для нових автомобілів середній рівень викидів CO₂ не повинен перевищувати 95 г на 1 км пробігу, а кожен зайвий грам CO₂ коштуватиме виробнику приблизно 95 євро [7].

З 2030 р. викиди CO₂ від нових легкових автомобілів повинні знизитися на 37,5 % в порівнянні з 2021 р. [7].

Метою заходів щодо зменшення шкідливих викидів від автомобільного транспорту є їх скорочення на 55 % в порівнянні з рівнем 1990 р., а до 2050 р. – зведення викидів до нуля [7].

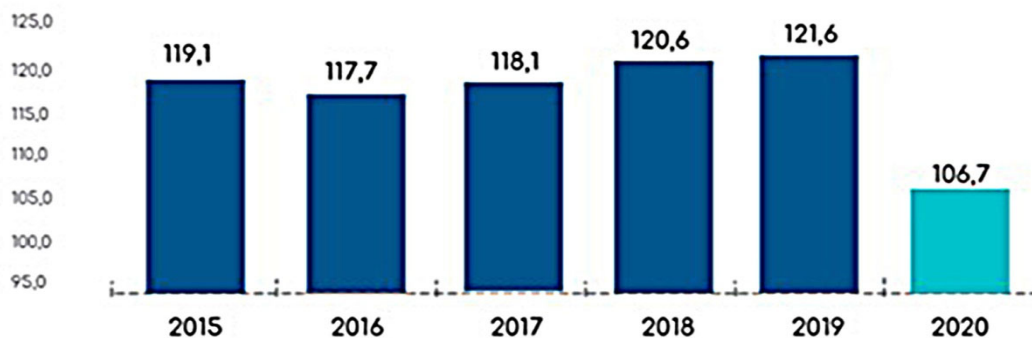


Рис. 3. – Середньозважені викиди CO₂ у ЄС від нових автомобілів, г/км

Висновки. Сьогодні шкідливий вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище збільшується і проявляється в наступних аспектах:

- ✓ забруднення навколишнього середовища, що веде до серйозних екологічних порушень і негативно впливає на здоров'я населення;
- ✓ дорожньо-транспортні події, які щорічно призводять до загибелі і втрати здоров'я більше мільйона людей;
- ✓ зростання світового парку автомобілів, що створює загрозу збільшення кількості автомобілів до рівня декількох мільярдів одиниць;
- ✓ експлуатація величезного транспортного комплексу, що вимагає спалювання більшої кількості автомобільних палив;
- ✓ виробництво і функціонування величезної транспортної системи, що вимагає відчуження великої кількості обмежених і не поновлюваних територіальних, матеріальних і енергетичних ресурсів.

Зі всього комплексу екологічних проблем, пов'язаних з автомобільним транспортом, особливої уваги заслуговують три аспекти:

- транспорт відповідальний за викиди поглинаючих електромагнітне випромінювання сполук (парникових газів) в тропосферу, де вони затримують теплове випромінювання, що йде від земної поверхні в космос; це призводить до збільшення середньої глобальної температури нижньої тропосфери і зміни клімату Землі;
- транспортна діяльність супроводжується викидами сполук, що руйнують озоновий шар в стратосфері і порушують «захисний» процес поглинання атмосферою ультрафіолетового спектру сонячного випромінювання;
- транспорт є одним з джерел забруднення навколишнього середовища стійкими органічними забруднювачами, які викликають різні серйозні порушення функціонування живих організмів.

Вирішення проблеми забруднення повітря від автомобілів проводиться комплексно і включає такі основні напрямки:

- посилення норм викидів забруднюючих речовин відпрацьованих газів, емісії шуму і витрати палива окремими видами транспорту;



– введення фіскальних інструментів економічної політики (розміри податків і зборів повинні відповідати наслідкам впливу транспорту на навколишнє середовище).

Матеріали роботи використовуються здобувачами вищої освіти зі спеціальності 274 Автомобільний транспорт в освітніх компонентах «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів», «Безпека дорожнього руху та екологія на автотранспорті», здобувачами вищої освіти зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка в освітньому компоненті «Енергозбереження у промисловому та муніципальному секторах».

ЛІТЕРАТУРА

1. Олішевська В. Є. Автомобільний транспорт в умовах переходу від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів [Електронний ресурс] / В. Є. Олішевська, Г. С. Олішевський // Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості та транспорту 2022., м. Дніпро 29-30 квіт. : зб. наук. пр. міжнар. конф. – Дніпро : НТУ «ДП», 2022. – С. 66-72. Режим доступу: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/160477> . – Назва з екрану.

2. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту [Електронний ресурс] : сайт «Міністерство відновлення» – 2020. – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html> . – Назва з екрану.

3. Чернишова О. Еколого-транспортні проблеми сучасної України [Електронний ресурс] / Чернишова О., Петренко І., Вишебаба П.; МЦПД. – Київ, 2020. – 28 с. – Режим доступу: https://icps.com.ua/assets/uploads/images/files/ecology_a4_ukr.pdf . – Назва з екрану.

4. Транспортна екологія / [Запорожець О. І., Бойченко С. В., Матвеева О. Л. та ін.] ; за заг. ред. С. В. Бойченка. – Київ : НАУ, 2017. – 507 с.

5. Дослідження шкідливих викидів від автотранспорту на автомагістралях міста [Електронний ресурс]. – 31 с. – Режим доступу : https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%95%D0%A0%D0%A2%D0%97/2021/AT_EtR_Vykydi-avtotransportu_0.pdf . – Назва з екрану.

6. Real World Fuel Consumption and Emissions from LDVs and HDVs [Електронний ресурс] / K. Weller, S. Lipp, M. Roeck, C. Matzer, A. Bittermann, S. Hausberger // Frontiers in Mechanical Engineering. – July 2019. – Vol. 5. – P. 1-22. – DOI: <https://doi.org/10.3389/fmech.2019.00045> . – Назва з екрану.

7. Викиди від транспорту і як з ними боротися [Електронний ресурс] : сайт «Федерація роботодавців автомобільної галузі». – Режим доступу: <https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/analitika/vikidi-vid-transportu-i-iaak-z-nimi-borotisia> . – Назва з екрану.

УДК 622.2+658.5:519.1.51-3

RESULTS OF STUDIES TO DETERMINE THE OPTIMAL RATIO OF PRODUCTIVE FLOWS OF COAL, GAS, WATER, ROCK IN THE CONDITIONS OF DIVERSIFICATION

Andrii Khorolskyi¹

¹Doctor of Philosophy, Head of the Department of Field Development Problems, Branch for Physics of Mining Processes of the M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics the NAS of Ukraine, Dnipro, Ukraine, e-mail: andreykh918@gmail.com

Abstract. To be used in practice, the paper proposes certain methods defining the rational output from the viewpoint of production activities as well as correlation of the operating resources to achieve the specified production scale. In such a way, return on assets is improved in terms of similar degree of the key assets, labour, and material use. To apply the technique properly and efficiently, a particular case has been considered determining an optimum production method for a coal producer.

Keywords: productive flow, production function, technology, efficiency, criterion.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СПІВВІДНОШЕННЯ ПРОДУКТИВНИХ ПОТОКІВ ВУГІЛЛЯ, ГАЗУ, ВОДИ, ПОРОДИ В УМОВАХ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ

А.О. Хорольський¹

¹кандидат технічних наук, в.о. завідувача лабораторії проблем розробки родовищ, e-mail: andreykh918@gmail.com

¹Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро, Україна

Анотація. Запропоновано підходи, які можуть бути застосовані для комплексної оцінки вугільних шахт, що дозволить визначити рівень підтримки з боку держави, а також спрогнозувати рівень розвитку та концентрації гірничих робіт у просторі. Все це дозволить здійснювати ефективне управління основними виробничими ресурсами для підвищення потенціалу технологічних схем вуглевидобутку та зниження рівня збитковості державних вугільних шахт.

Ключові слова: продуктивний потік, виробнича функція, ефективність, критерій.

Introduction. Currently, coal industry of the country is in a systemic crisis depending upon a number of reasons. The reasons are stipulated by the key asset aging, unsatisfactory infrastructure, and poor level of labor mechanization as well as by the underuse of raw materials resulting from mining. According to



studies [1, 2], coal, methane, water, and waste are the productive flows of mines [3, 4]. However, coal is the only basic raw material of production and economic activities; and other productive flows are neglected. Turn our attention to the key problems following underground mining to form topicality as well as academic and research sense of the paper:

- first, the resources, extracted from the Earth, cannot be used integrally. However, the problem is that the unused accompanying productive flows affect unfavorably the procedure, i.e. methane nonuse creates unsafe underground labor conditions being potential of blast or methane outburst; water nonuse results in the necessity to have areas to be water segregators; and waste nonuse involves the necessity to have extra areas to be applied as dumps etc. Hence, the nonused productive flows impose technogenic environmental load, and worsen labor conditions [5, 6, 7];

- second, constant increase in mining cost takes place;

- third, decline in coal output takes place resulting in deterioration of situation within the regions where mines are the township-forming enterprises [8];

- fourth, there are no technical approaches evaluating the potential to diversify mining operations. The majority of papers rely upon general recommendations how to use methane or process rock dumps ignoring the economic output and connection between the productive flows [9, 10].

Key trends identified based on research [1, 9, 11–20] explains that the following can be considered as the basic diversification tendencies:

- multiply use of resources following coal mining, i.e. transition takes place from a mine determination as an enterprise mining coal to a mine as an enterprise being engaged in four minerals at minimum: coal, methane, waste (containing rare elements and noble metals), and mine water [21].

Specific feature of mining diversification is as follows. Increased impact per unit of the spent resources takes place; in this context, labour productivity of miners is preserved. It is correct to say that diversification is the key to improve economic performance as well as overcome crisis phenomena in the fuel and energy sector [22].

Purpose is to propose methodological approach optimizing the parameters of a coal mine operation under diversification. Productive flows of coal mines have been considered as well as production functions. To solve the diversification problem, ratios between the types of the invested capital and output level in the form of raw material have been compared. Cobb-Douglas production function has been applied to develop a model supporting the coal mine activities; in this context, diversification potential of the activities is involved.

The main part. Generally, production functions are the ratios between material goods and resources used in production. In their aggregate, they are productive resources. According to the formulated problem, the productive resources are: K being capital assets. In our case, coal, methane, water, and waste are meant, i.e. the reserves prepared to be extracted and the facilities to extract them; Q being materials, i.e. reserves and intermediate goods; and L being labour resources, i.e. human work. In this context, the amount of the mined reserves X is the basic value. Consequently, a production function demonstrates the ratio between K, Q , and L resources used in production and X output. The abovementioned means that the production function is required to correlate a value of the production vector X with a value of the resource vector Y . Then,

$$F = (\vec{X}, \vec{Y}, \vec{A}) = 0 \quad (1)$$

where $\vec{A} = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}$ is vector of the production vector parameters.

Correlation (1) is nothing but a mathematical model for life support of production. Each of the listed input and output functions is a vector variable, i.e.

$$\begin{aligned} \vec{K} &= \{k_1, k_2, \dots, k_p\}; \vec{Q} = \{q_1, q_2, \dots, q_p\}; \\ \vec{L} &= \{l_1, l_2, \dots, l_p\}; \vec{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_p\}; \end{aligned} \quad (2)$$

Solution of the problem of production diversification should involve comparison of the ratio between types of the spent resources and production level in the form of raw materials. (1)-(2) ratios are applied since the resource categories differ in their form and measurement types. Nevertheless, they have to be generalized. For the purpose, it is required to move from the vector form to the general one, i.e. monetary units should be used while data collecting. Then, a degree of raw material consumption Q may help understand consumption of reserves and intermediate goods in terms of time intervals (i.e. monthly, quarterly, annually). Consumption of capital assets K is understood owing to the amortization value as well as the fixed assets value. L is understood through the wages paid; and output X is understood through the profits.

Determination of the specific type of a production function should involve identification of X change tendencies depending upon K , Q , and L amount and relying upon the obtained data. Earlier studies [2, 23, 24] have helped define that the function of production life support under diversification, based upon (1) and (2), is of a polynomial type. Hence, it is equal to the product of corresponding power functions of resources and a_0 coefficient

$$X^* = a_0 K^{a_1} Q^{a_2} L^{a_3} \quad (3)$$

where a_0 , a_1 , a_2 , and a_3 are parameters (coefficients) of a production function.

Ratio (3) is nothing but general function of Cobb-Douglas [25]. However, its implementation should involve dynamics of the temporal changes since time is also important resource $I(t)$. Introduction of time resource into the ratio helps

take into consideration a tendency of production changes. Thus, (3) can be expressed as

$$X(t) = a_0 K^{a_1}(t) Q^{a_2}(t) L^{a_3}(t) e^{\alpha t} \quad (4)$$

where e is basis of natural logarithms;

α is parameter characterizing production change; and

t is time (months, quarters, years).

Hence, taking into consideration dynamics of the changes in reserves, the simplified version of (4) ratio will be represented as follows

$$X = F(K, L) = a_0 K^{a_1} L^{a_3} \quad (5)$$

To identify dynamics of changes in one raw material type elimination in terms of the increase in one resource type when other resource involvement value is unknown, changes in the output should be equal to

$$\frac{\partial F(K, L)}{\partial K} > 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial F(K, L)}{\partial L} > 0 \quad (7)$$

Expression (6) is the boundary asset efficiency; and expression (7) is the boundary labour efficiency. Message of ratios (5)-(7) is as follows: gradual increase in one resource type and permanence of another one result in gradual decrease of raw material X extraction. It is quite important aspect in the context of solving a problem of mining diversification since switch to one raw material type extraction (for instance, methane or coal) as well as changes in capital asset structure will initiate constant efficiency loss. Consequently, all types of resources should be seen from a holistic perspective. In view of the fact that diversification involves integrity of mineral mining (i.e. asset cost increases), the production function may be expressed through $\beta(t)$ multiplier evaluating the improved efficiency of reserve use. Thus,

$$X = F[\beta(t)K, L] \quad (8)$$

Assume that the increased return on investment ($k_0 > k_1$) factors into the increase in labour productivity x and average return on investment as well as boundary one remains invariable. If so, then (8) may be transformed into a following form

$$x = f[\beta(t)k] \quad (9)$$

Important observation follows from expression (9) that under mining diversification, less use of the capital assets labour efficiency remains unchangeable but both average and maximum return on the investment increase. Hence, output per unit of the capital assets experiences its growth. Consequently, it is possible to consider the associate resources, being mining products of the basic mineral, as the additional production functions, i.e. a production function for the diversified mining operations will be as follows

$$X^* = a_0 K^{a_1} Q^{a_2} L^{a_3} I^{a_4} \quad (10)$$

The point of expression (10) is: a life support model of the diversified mining X^* is focused on the utmost use of associate resources $I(t)$ to maximize production and economic performance in terms of constant value of K, Q , and L , resources required to mine X mineral. Thus, $I(t)$ components describes the increase of return on investment in the absence of average and boundary labour productivity. For instance, if the activities to demineralize mine water and use the water as extra operating return are made [26], there is no labour productivity increase on coal.

The proposed model (10) is quite important; moreover, it may be implemented.

First, values of a_1, a_2, a_3 , and a_4 components of equation (10) help indicate the quality production parameters, i.e. monitor its development tendency which will help to take timely action. Mathematical meaning of the ratio between a_1, a_2, a_3 , and a_4 demonstrates elasticity of X enterprise life support model as for the resource flows. It means they are used to identify the averaged value of the resource flows at the enterprise

$$\varepsilon_K = \frac{dX}{X} / \frac{dK}{K} \quad (11)$$

$$\varepsilon_Q = \frac{dX}{X} / \frac{dQ}{Q} \quad (12)$$

$$\varepsilon_L = \frac{dX}{X} / \frac{dL}{L} \quad (13)$$

$$\varepsilon_I = \frac{dX}{X} / \frac{dI}{I} \quad (14)$$

In terms of equation (10), elasticity indices are equal to the equation components

$$\varepsilon_K = a_1; \varepsilon_Q = a_2; \varepsilon_L = a_3; \varepsilon_I = a_4 \quad (15)$$

Each of (11)-(14) equations demonstrates a tendency of change in mineral X extraction depending upon 1% increase in the generated resource type. For instance, suppose that 1% increase in the consumption of Q materials takes place then the increase in coal mining X is considered, if $\varepsilon_Q = a_2 > 0$ argument in equation (10) is positive. If the argument is $\varepsilon_Q = a_2 < 0$ then expansion in the number of additional materials cannot result in the production increase. Consequently, measures should be taken to reduce metal intensity of the production. The abovementioned helps indicate the mine life support model and what should be mentioned first while optimizing the operating parameters.

Second, coefficients of equation (10) allow making a judgment on the productive efficiency in terms of 1% simultaneous increase in each resource use, i.e. if $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 > 1$ then the efficiency results from the production scaling-up being its concentration. If $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 < 1$ then there is a tendency towards decrease in the productive efficiency; hence, reduce in the scale is required.

The abovementioned has helped us develop a mining model under diversification. The optimization problem may be formulated as follows: it is required to increase the funds raised by sales while minimizing the amount of the spent resources S . The problem may be termed as the optimization of a production method, and expressed as follows

$$X = a_0 K^{a_1} L^{a_2} \rightarrow \max; S = p_1 K + p_2 L \quad (16)$$

Hence, if n resources have been applied to mine a mineral then the initial problem is formulated as follows

$$X = a_0 Y_1^{a_1} Y_2^{a_2} \dots Y_n^{a_n} \rightarrow \max; \quad (17)$$

$$S = p_1 Y_1 + p_2 Y_2 + \dots + p_n Y_n \quad (18)$$

(17)-(18) expressions help set down the resource consumption

$$Y_i = \frac{X^k}{a_0 \prod_{i=2}^n Y_i^{a_i}} \quad (19)$$

$$Y_i = \frac{S}{p_1} - \sum_{i=2}^n \frac{p_i}{p_1} Y_i \quad (20)$$

Optimum solution determination is reduced to a procedure of one-dimensional search of output X . For the purpose, random initial value of coal mining $X^{(0)}$ is assumed, for which equation system (17) is solved relative to Y_i , ($i=1,2,\dots,n$) variables to be solved according to equation (19). Define the total resource costs in terms of the specified alternate solution

$$S^k = \sum_{i=1}^n p_i Y_i; k = 0,1,2, \dots, m \quad (21)$$

After that, cost variance d is identified

$$d = S - S^k \quad (22)$$

where k is step number; and m is total number of steps.

If $d > 0$ then there are additional reserves; the output may be increased. If $d < 0$ then the resources are not sufficient for the output; thus, it is required to decrease output. If $d = 0$ then the multiple use of resources takes place; hence, the production method is optimal.

Optimum decision is made as follows.

Input data are: n being the number of the specified production resources; $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ being the coefficients of Cobb-Douglas production function; S being the allowable expenditures connected with the resources; X_0 being the initial coal output; d_g being the allowable variances of the estimated total expenditures S from the assumed ones; g being the initial decision making step; and $p_1 \dots p_n$ being the proportionality factor if each resource is set in money terms, i.e. $p_i = 1$.

Additional variables required for the decision making are: F being the indicator of the decision procedure with the initial step g ; I being the indicator

of the step measurement direction; and t_1, t_2 being the indicators of d context (i.e. positive or negative).

The fact of change in d means that redistribution of the production structure has taken place, i.e. either resource amount is insufficient (if the value is negative) or the resources are not applied completely (if the value is positive). d index is the sum of t_1 and t_2 . Dichotomous search takes place until d becomes equal to 0. Direction index l denotes a path to move (step increase or decrease).

For instance, it is required to calculate optimum output $X^{(k)}$ for a mine as well as cost ratio between K, Q , and L resources in terms of the specified resource total S .

Following equation system can describe the problem solution

$$X = a_0 K^{a_1} Q^{a_2} L^{a_3} \rightarrow \max$$

$$S = p_1 K + p_2 Q + p_3 L.$$

Represent X, P, Q, L , and S in the form of conditional units (c.u.). Consequently, a proportionality factor is $p_1=p_2=p_3=1$.

Following data are the input ones: $S=50000$ c.u. being the total cost of three resource types; $X_0=300$ thousand tons being the initial output; $g= 50$ thousand tons being a step of changes in the output; and $d_g= 5$ thousand tons being the allowable output variance from the design overall production. According to the data by [27], in the context of Western Donbas, coefficients of Cobb-Douglas production function are $a_0=1.250$; $a_1=0.237$; $a_2=0.151$; and $a_3=0.736$. Table 1 explains the procedure of optimum decision making.

Table 1 – Optimization results of the production method

#	$X^{(k)}$	L	Q	K	S^k	S	d
1	300000	247856.6	50853.6	79806.4	378516.6	500000	121484
2	350000	284285	58327.6	91543.6	434156.2	500000	65843.8
3	400000	320140	65680	103080	488900	500000	11100
4	450000	355518.4	72943	114476	542937.4	500000	-42937
5	425000	337875.4	69326.2	108821	516022.4	500000	-16022
6	412500	329037.2	67509.6	105946	502492.8	500000	-2492.8
7	406250	324598	66598.8	104517	495713.6	500000	4286.4

It follows from Table 1 analysis that 406 thousand tons will be the optimum annual amount in terms of the specified ratio of K, Q , and L resources (line 7 of Table 1). To make the solution more accurate, it is required to decrease a step of output change. In terms of each $d < 0$ value, the problem solving is inexpedient since the use of the resources is not efficient.

Logic of the calculations is simple. We specify X value of coal output and determine the required amount of K, Q , and L resources for the production volume. After that, the amount of the resources is calculated [28]. Following step is to deduct the amount of three S^k resources from the cumulative sum of S resources. If $S - S^k$ is more than zero, then it is required to increase the annual output by g value. Increase the annual output until $S - S^k < 0$. Next, make a decision concerning d_g accuracy. Table 1 explains that the output being 300-400 thousand tons has a reserve for the output increase (lines 1-3 of the Table). A resolve is made to increase the output by 50 thousand tons, i.e. up to 450 thousand tons (line 4). It is understood that the resources are not sufficient; hence, the optimum decision is within 400...450 thousand tons. Determine the optimum decision using the ordinal calculations (lines 5-7).

Conclusion. The paper is the first one proposing a model optimizing the mining parameters under diversification. Specific feature of the study is the consideration of the potential to apply each of four productive flows of coal mines as well as interchangeability of the flows within the total production balance of a mine. In addition, practical recommendations have been represented concerning the ways of model application, determination of the performance indicators, and identification of the optimum production structure.

REFERENCES

1. Bazaluk O. et al. Innovative activities in the sphere of mining process management //Frontiers in Environmental Science. – 2022. – С. 304.
2. Khorolskyi A. et al. Research into optimization model for balancing the technological flows at mining enterprises //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2020. – Т. 201. – С. 01030.
3. Грінюв В. Г., Хорольський А. О., Мамайкін О. Р. Оцінка стану та оптимізація параметрів технологічних схем вугільних шахт //Вісник Криворізького національного університету. – 2019. – №. 48. – С. 31-37.
4. Грінюв В. Г., Хорольський А. О., Мамайкін О. Р. Декомпозиційний підхід при побудові систем генерації енергії у вуглепромислових регіонах //Вісті Донецького гірничого інституту. – 2019. – Т. 44. – С. 116-126.
5. Fomychov, V., Fomychova, L., Khorolskyi, A., Mamaikin, O., Pochepov, V. Determining optimal border parameters to design a reused mine working // ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2020. – Вип. 15(24). С. – 3039-3049.
6. Chobotko I.I., Tynyna S.V. Results of the study of suspensions with the use of sodium group mixtures in the treatment of coal mining waste // 5th International scientific and technical conference «Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources». – 2022. – pp. 64-66.
7. Starodub Y., Karabyn V., Havrys A., Shainoga I., Samberg A. Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district. Proc. SPIE 10783, 107830P. Event SPIE. Remote Sensing. 2018, Berlin, Germany (10 October 2018). URL: <https://doi.org/10.1117/12.2501928>

8. Knysh I., Karabyn V. Heavy metals distribution in the waste pile rocks of Chervonogradska mine of the Lviv-Volyn coal basin (Ukraine). *Pollution Research Journal Papers*. Vol 33, Issue 04, 2014. 663-670.
9. Хорольський А. О. Наукові основи обґрунтування меж області раціонального проектування при відпрацюванні родовищ корисних копалин // Фізико-технічні проблеми горного виробництва. – 2021. – №23. – С. 149-173.
10. Хорольський А. О., Грінюв В. Г. Оцінка і вибір параметрів при розробці родовищ корисних копалин. *Фізико-технічні проблеми горного виробництва*. - 2020. -№22. - С. 118-140. <https://doi.org/10.37101/ftpgp22.01.009>
11. Lyu, J., Lian, X., & Li, P. Diversified management of coal enterprises in China: model selection, motivation and effect analysis. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018 - Vol. 108, No. 3. – p. 032005.
12. Li X. Diversification. In: *The Road Map of China's Steel Industry*. Springer, Singapore. – 2020. – 240 p. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2074-7_12
13. Jonek-Kowalska, I. (2018). How do turbulent sectoral conditions sector influence the value of coal mining enterprises? Perspectives from the Central-Eastern Europe coal mining industry. *Resources Policy*, 55, 103-112.
14. Tabashnikova, O. (2017). Some Diversification Factors of Old Industrial Regions' Economy and Transition to the Innovative Development. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 21, p. 04022). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172104022>
15. Jones S., Müller A. (1992) The Diversification of Mining since 1961. In: *The South African Economy, 1910–90*. Palgrave Macmillan, London. https://doi.org/10.1007/978-1-349-22031-1_18
16. Campbell, S., & Coenen, L. (2017). Transitioning beyond coal: Lessons from the structural renewal of Europe's old industrial regions. In *CCEP Working Papers*. Centre for Climate Economics & Policy, Crawford School of Public Policy. The Australian National University.
17. Gawlikowska-Fyk A. (2019) Poland: Coping with the Challenges of Decarbonization and Diversification. In: Godzimirski J. (eds) *New Political Economy of Energy in Europe*. International Political Economy Series. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93360-3_8
18. Li, C. M., Cui, T., Nie, R., Shan, Y., Wang, J., & Qian, X. (2017). A Decision model to predict the optimal size of the diversified management industry from the view of profit maximization and coordination of industrial scale. *Sustainability*, 9(4), 642.
19. Li, C. M., Cui, T., Nie, R., & Yan, X. Y. (2017). Measurement of the Industrial Collaboration of the Diversified Coal Industry: China Coal Energy Company as an Example. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/9416279>
20. Safarzyńska, K. (2017). The implications of industrial development for diversification of fuels. *Ecological Economics*, 137, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.03.005>
21. Khorolskyi A. et al. Development and implementation of technical and economic model of the potential of operation schedules of coal mines // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2021. – Т. 16. – №. 18. – С. 1890-1899.
22. Хорольський А. О., Грінюв В. Г. Системні принципи та оціночний критерій надійності при оптимізації технологічних схем вугільних родовищ. *Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки"*. 2017. – Вип. 1(2 (80)). – С. 225-233. [https://doi.org/10.26642/tn-2017-2\(80\)-225-233](https://doi.org/10.26642/tn-2017-2(80)-225-233).



23. Хорольський А. О., Грінюв В. Г., Мамайкін О. Р. Інноваційні перспективи підземної експлуатації вугільних родовищ // Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". – 2019. – №. 1 (83). – С. 289-298.

24. Moldabayev, S., Sultanbekova, Z., Adamchuk, A., Sarybayev, N. Method of optimizing cyclic and continuous technology complexes location during finalization of mining deep ore open pit mines. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2019. - № 19(1.3). – С. 407–414.

25. Hájková D. et al. Cobb-Douglas production function: the case of a converging economy // Czech Journal of Economics and Finance (Finance a uver). – 2007. – Т. 57. – №. 9-10. – С. 465-476.

26. Хорольський А. О. и др. Вибір технології демінералізації стічних вод, як складової технологічних потоків вугільних шахт // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2020. – Т. 63. – С. 61-73.

27. Сургай Н.С. О некоторых принципах обеспечения высокоэффективного и надежного функционирования шахты // Уголь Украины. 1994. - №3. – С. 14-18.

28. Kochmar I., Karabyn V. Water Extracts from Waste Rocks of the Coal Industry of Chernvonograd Mining Area (Ukraine): Problems of Environmental Safety and Civil Protection // Ecological Engineering & Environmental Technology. – № 24(1). – С. 247-255.

УДК 330.33: 504.06

РОЛЬ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В УПРАВЛІННІ ВІДХОДАМИ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

І.І. Чоботко¹

¹провідний інженер відділу фізики вугілля та гірничих порід, e-mail: efilonov79@gmail.com

¹Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглянуто застосування принципів циркулярної економіки до управління відходами гірничодобувних підприємств, розглянуто основні ідеї зменшення впливу на навколишнє середовище відходів гірничодобувних підприємств за рахунок використання циркулярної економіки, що сприятиме економічному розвитку гірничодобувних регіонів.

Ключові слова: циркулярна економіка, відходи, гірничодобувні підприємства, навколишнє середовище.

THE CIRCULAR ECONOMY ROLE IN MINING WASTE MANAGEMENT

Ihor Chobotko¹

¹Leading Engineer of the Department of Coal and Rock Physics, e-mail: efilonov79@gmail.com



¹Branch for Physics of Mining Processes Institute of Geotechnical Mechanics Named by N. Poljakov, Dnipro, Ukraine

Abstract. The article considers the application of circular economy principles to the management of waste from mining enterprises, explores the main ideas of reducing the impact of waste from mining enterprises on the environment through the use of the circular economy, which will contribute to the economic development of mining regions.

Keywords: circular economy, waste, mining companies, environment.

Вступ. Циркулярна економіка - це концепція сталого розвитку, яка швидко розвивається і спрямована на мінімізацію відходів та максимальне використання ресурсів шляхом закриття циклу матеріальних та енергетичних потоків таким чином, щоб приносити користь як економіці, так і навколишньому середовищу [1]. У контексті гірничодобувної промисловості циркулярна економіка пропонує перспективний підхід до управління відходами вугільних шахт, які є значним екологічним викликом. Управління відходами вугільних шахт є критично важливим не лише з екологічної точки зору, але й з фінансової, оскільки це може вплинути на прибутковість гірничодобувних підприємств [2]. Наведено застосування принципів циркулярної економіки до управління відходами вугільних шахт, розглядається, як це може допомогти зменшити вплив на навколишнє середовище, підвищити ефективність використання ресурсів і сприяти економічному розвитку [3]. Застосовуючи підхід циркулярної економіки, гірничодобувна промисловість може рухатися до більш сталого та відповідального майбутнього [4].

Мета роботи. Полягає у дослідженні вивчення ролі циркулярної економіки в управлінні відходами гірничодобувної промисловості. Дослідження спрямоване на вивчення потенціалу принципів циркулярної економіки для мінімізації відходів і максимізації ефективності використання ресурсів у гірничодобувній промисловості, особливо в контексті видобутку вугілля, який є значним джерелом відходів і забруднення навколишнього середовища.

Матеріал і результат досліджень. Нинішня соціально-економічна система ґрунтується на моделі лінійної економіки, за якої ресурси добуваються, переробляються, перетворюються на відходи та не мають подальшого застосування. Такий підхід призвів до виснаження надр, забруднення доквілля, накопичення відходів вуглевидобутку, скорочення біорізноманіття та інших екологічних проблем [5]. На (Рис. 1) зображено моделі застосуванні лінійної та циркулярної економік.

Наше дослідження показує, що циркулярна економіка може відігравати вирішальну роль у зменшенні відходів і сприянні сталому використанню ресурсів у гірничодобувній промисловості, зокрема у видобутку ву-

гілля [6]. Принципи циркулярної економіки, такі як скорочення відходів, повторне використання, переробка та відновлення, можуть бути застосовані до управління відходами гірничодобувної промисловості, і є кілька стратегій і технологій, що дозволяють поліпшити циклічність управління відходами гірничодобувної промисловості [7]. До них належать:

– мінімізація та скорочення відходів: Стратегії мінімізації утворення відходів у гірничодобувній галузі можуть допомогти зменшити вплив на довкілля та витрати на управління відходами. Ці стратегії можуть включати використання технологій більш чистого виробництва, оптимізацію матеріальних потоків і впровадження принципів циркулярної економіки.

– повторне використання та переробка: Повторне використання та переробка відходів гірничодобувної промисловості може допомогти мінімізувати потребу в первинних матеріалах і зменшити вплив гірничих робіт на навколишнє середовище. Наприклад, відходи вугільних шахт можна повторно використовувати як наповнювачі, будівельні заповнювачі або у виробництві цементу та бетону.

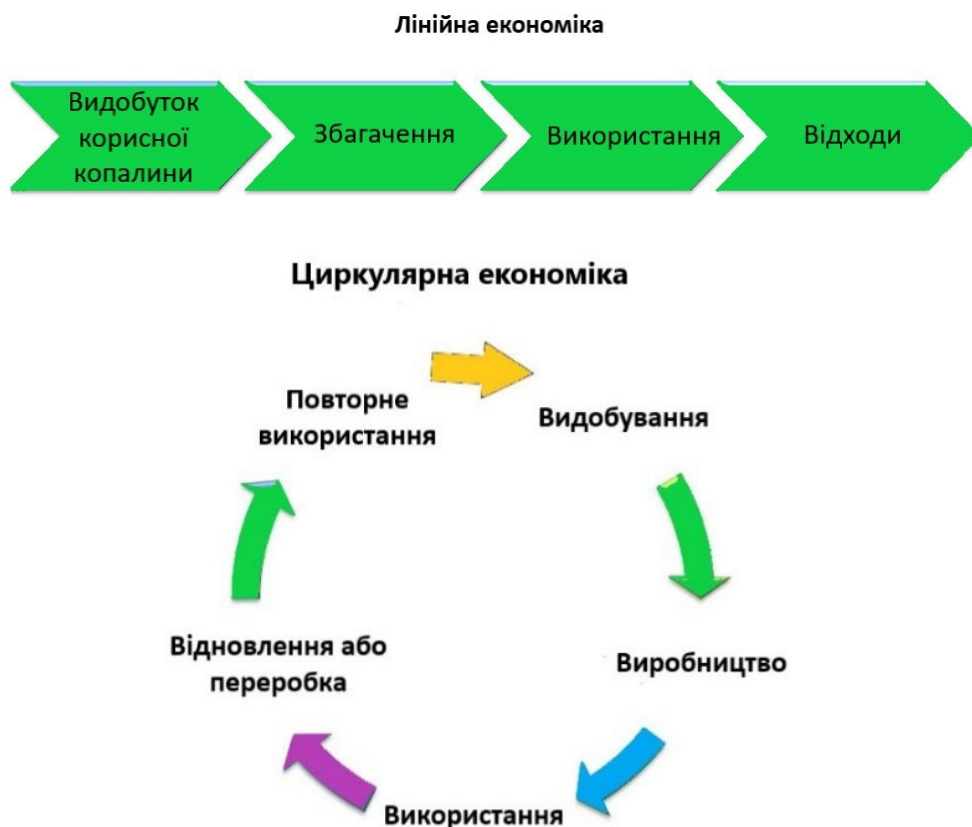


Рис. 1. – Графічні моделі лінійної та циркулярної економіки

–відновлення цінних матеріалів: Гірничі відходи можуть містити цінні метали та мінерали, які можна відновити за допомогою різних технологій, таких як гідрометалургія, пірометалургія та біологічне вилуговування. Відновлення цих матеріалів не лише зменшує кількість утворених відходів, але й приносить додатковий дохід гірничодобувним компаніям.

Автори [8] вважають, що в основу циркулярної економіки поводженні з відходами вуглевидобутку може бути вилучення рідкоземельних металів цей спосіб в результаті дозволить залучити фінансові інвестиції у бюджет гірничодобувних регіонів. Проблема криється в деталях. Бо саме ефективне залучення циркулярної економіки в управлінні техногенними родовищами дозволить вивільнити корисні площі земель під створення інноваційних парків або під забудови житловими масивами. Зокрема хочеться зазначити, що вивчаючи досвід країн Євросоюзу у раціональному користуванні відходами вуглевидобутку з активним залученням циркулярної економіки дозволив створити стабільну систему безвідходного виробництва.

Приведемо декілька формул визначення обсягу вилучення вторинних ресурсів з відходів та потенціалу їх використання в регіоні. Для розрахунку обсягу вторинних ресурсів, що можуть бути вилучені з відходів вуглевидобутку, а також обсягу, які можна залучити у виробничу систему регіону, можна використовувати нижче наведену методичку [5]:

$$V_{t(q)}^{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} * k_{der_{ij}}^{\max} * N_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij}, \quad (1)$$

де $V_{t(q)}^{\max}$ - обсяг вторинних ресурсів, який може бути вилучений з відходів вуглевидобутку, утворених за період t в регіоні q , t ;

$k_{der_{ij}}^{\max}$ - обсяг i -го ресурсу, що міститься в j -му виді відходів, t ;

$k_{der_{ij}}^{\max}$ - коефіцієнт максимально можливого вилучення i -го ресурсу з j -го виду відходів вуглевидобутку;

N_j - кількість j -го виду відходів, що утворилися за період t в регіоні q , t ;

R_{ij} - максимально можлива кількість i -го ресурсу, яка може бути отримана з j -го виду відходів, t .

Коефіцієнт максимально можливого вилучення i -го ресурсу з j -го виду відходів ($k_{der_{ij}}^{\max}$) можна визначити так:

$$k_{der_{ij}}^{\max} = 1 - k_{waste_{ij}}^t, \quad (2)$$

де $k_{waste_{ij}}^t$ - коефіцієнт, що враховує величину втрат і-го ресурсу в j-му виді відходів внаслідок технічної неможливості, а також економічної недоцільності його отримання з урахуванням екологічної складової.

Максимально можливий обсяг вторинних ресурсів, який може бути використаний у виробничій системі регіону q за період t, можна визначити в такий спосіб:

$$D_{t(q)}^{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{Y_{ij} * k_{sub_{ij}}^{\max} * N_j^p}{1000} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_{ij}, \quad (3)$$

де $D_{t(q)}^{\max}$ - обсяг ВР, який може бути використаний у виробництві за період t в регіоні q, т;

Y_{ij} - кількість і-го первинного ресурсу, що використовується для виробництва j-го продукту, кг/шт;

$k_{sub_{ij}}^{\max}$ - коефіцієнт, що враховує максимальну заміну і-го первинного ресурсу ВР для виробництва j-го продукту;

N_j^p - кількість j-го виду продукту, виробленого за період t в регіоні q, шт;

H_{ij} - максимальний обсяг і-го вторинного ресурсу, який може бути використаний для виробництва j-го продукту, т.

Коефіцієнт максимально можливої заміни і-го первинного ресурсу вторинним для виробництва j-го продукту ($k_{sub_{ij}}^{\max}$) можна визначити:

$$k_{sub_{ij}}^{\max} = 1 - k_{exc_{ij}}^t, \quad (4)$$

де $k_{exc_{ij}}^t$ - коефіцієнт, що враховує неможливість заміни і-го первинного ресурсу вторинним для виробництва j-го продукту внаслідок технічних умов, що не дозволяють використовувати вторинні ресурси, а також економічної недоцільності.

Висновки. Отже, наше дослідження показує, що циркулярна економіка може відігравати життєво важливу роль у трансформації гірничодобувної галузі в напрямку більш сталого та відповідального майбутнього [9]. Застосовуючи принципи циркулярної економіки в управлінні відходами гірничодобувної промисловості, компанії можуть зменшити свій вплив на довкілля, підвищити ефективність використання ресурсів і отримати економічні вигоди [10]. Однак для реалізації повного потенціалу підходів циркулярної

економіки необхідні спільні зусилля між галуззю, урядом та іншими зацікавленими сторонами для сприяння впровадженню принципів циркулярної економіки в гірничодобувному секторі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чоботько, І.І., Тинина, С.В. Моніторинг теплового стану породних відвалів // «Гірничий вісник» Криворізького національного університету. - Вип. 106. – 2019 – С. 9-13. <https://doi.org/10.31721/2306-5435-2019-1-106-9-13>
2. Чоботько І.І. Дослідження обробки розчинами натрієвої групи палаючих відходів вуглевидобутку на взаємодію з навколишнім середовищем // Збірник наукових праць національного гірничого університету. - Вип. 69. - 2022. – С. 112-119. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/69.112>
3. Хорольський А. О. Наукові основи обґрунтування меж області раціонального проектування при відпрацюванні родовищ корисних копалин // Физико-технические проблемы горного производства. - Вып. 23. - 2021. - С. 149-173. <https://doi.org/10.37101/ftpgp23.01.011>
4. Грінюв, В. & Хорольський, А. Нові підходи і результати досліджень по раціоналізації відпрацювання родовищ корисних копалин // Физико-технические проблемы горного производства. - Вып. 23. - 2021. - С. 178-203. <https://doi.org/10.37101/ftpgp23.01.012>
5. Шевченко Т.І., Шуптар-Пориваєва Н.Й., Губанова О.Р. та ін. Циркулярна економіка: навчальний посібник // Суми: Університетська книга. - 2022. – 220 с.
6. Грінюв, В. Г., & Хорольський, А. О. (2020). Дослідження основ технології оптимального проектування раціонального користування родовищами цінних копалин. Мінеральні ресурси України, 2, 19-24. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.19-24>
7. Грінюв, В.Г. & Хорольський, А.О. Можливості ефективного освоєння рудних родовищ із запасами рідкісних і благородних металів // Физико-технические проблемы горного производства. - Вып. 20. - 2018. – С. 113-122. <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/161923>
8. Bing Deng, Xin Wang, Duy Xuan Luong, Robert A. Carter, Zhe Wang, Mason B. Tomson, James M. Tour Rare earth elements from waste // Science Advances – Issue 6(8). – 2022. – PP. 1-9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm3132>
9. Грінюв, В. Г., & Хорольський, А. О. (2020). Дослідження основ технології оптимального проектування раціонального користування родовищами цінних копалин. Мінеральні ресурси України. - Вип. 2. - 2020. – С. 19-24. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.19-24>
10. Khorolskyi, A., Mamaikin, O., Fomychova, L., Pochepov, V., & Lapko, V. Developing and implementation a new model optimizing the parameters of coal mines under diversification // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. - Issue 17(16). - 2022. – PP.1544-1553.



УДК 330.341: 504.06

APPLYING SCRUM APPROACH IN COAL MINE WASTE MANAGEMENT

Ihor Chobotko¹

¹Leading Engineer of the Department of Coal and Rock Physics, e-mail: efilonov79@gmail.com

¹Branch for Physics of Mining Processes Institute of Geotechnical Mechanics Named by N. Poljakov

Abstract. The article considers the concept of project management and the general concept of the Scrum methodology, identifies advantages and disadvantages of its application in relation to coal mining waste. According to the results of the study, it is found that the use of the flexible Scrum methodology is advisable in conditions of uncertainty in the management of coal mining waste.

Keywords: Scrum methodology, coal mining waste, advantages and disadvantages

SCRUM ПІДХІД В УПРАВЛІННІ ВІДХОДАМИ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

І.І. Чоботько¹

¹провідний інженер відділу фізики вугілля та гірничих порід, e-mail: efilonov79@gmail.com

¹Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна

Анотація. У статті розглянуто концепцію управління проектами та загальна концепція методології Scrum, визначено переваги та недоліки її застосування щодо відходів вугільної промисловості. За результатами дослідження встановлено, що використання гнучкої методології Scrum є доцільним в умовах невизначеності в управлінні відходами вугільної промисловості.

Ключові слова: методологія Scrum, відходи вугільної промисловості, переваги та недоліки

Introduction. Scrum is a lightweight framework that helps people, teams and organizations create value through adaptive solutions to complex problems [1].

The coal industry produces large amounts of waste that can have a significant impact on the environment. Traditional approaches to waste management in the industry have often been inefficient, resulting in delays, cost overruns and sub-optimal waste disposal practices. Flexible project management methodologies such as Scrum have demonstrated the potential to improve project outcomes across industries [2]. However, there is a lack of research on the application of Scrum in coal mine waste management. Therefore, the purpose of this





study is to examine the feasibility and effectiveness of applying Scrum in this context, and to identify the potential benefits and limitations of this approach [3].

Coal mining is an important source of energy production for many countries around the world. However, it also generates a significant amount of waste, which poses serious environmental challenges [4]. Effective waste management is therefore crucial to minimise the negative environmental impact of coal mining. In recent years, agile project management methodologies, such as Scrum, have gained popularity in various industries, including waste management [5, 6]. Scrum is an agile and iterative approach that allows project teams to achieve high-quality results in a short period of time. This article explores the application of Scrum in coal mine waste management, highlighting the benefits of this approach in addressing the complexities of waste management in the mining industry. It presents a case study of the successful implementation of Scrum in a coal mine waste management project and provides insights into the theoretical considerations and potential limitations of applying a Scrum approach to the coal mine waste management process [7].

Purpose of the work. The goal of applying the Scrum approach to mine waste management is to improve the efficiency and effectiveness of the waste management process in the coal industry. Scrum is a popular agile methodology that emphasises iterative and incremental development, collaboration and continuous improvement. By applying the principles and practices of Scrum to the waste management process, the coal mining industry can better manage waste, reduce environmental impact and ensure regulatory compliance. Scrum can help teams identify and prioritise waste management tasks, work collaboratively and deliver high quality results in a timely manner. In addition, scrum provides transparency and visibility into the waste management process, allowing stakeholders to stay informed and make informed decisions.

Material and results of the research. The authors [8] of proposed the Waste Management and Hazard Alert System (WM-HAS) web application as a new business model that supports all stakeholders in the waste management ecosystem to participate seamlessly in the business of waste. Their innovative business model is designed to engage stakeholders to address the challenges of sustainable waste management in developing countries. Stakeholders identified include waste producers, waste collectors, and waste processors. The application of the scrum-Agile methodology is used with the Laravel model view controller (MVC) framework for both front-end and back-end services. The results show the flexibility of the user interface to facilitate business tasks. The audience at the demonstration event of the Nigerian stakeholder forum expressed their desire to use the WM-HAS application as soon as it is launched.

This indicates that the development of technologies in the future will allow the creation of applications for monitoring the use and management of coal mining waste at mining enterprises with the active use of the scrum approach.

In Figure 1, we see a 5-point framework for coal mining waste management:

- Idea. What we are going to implement (in our case, coal mining waste management);

- Planning for coal mining waste management. The team gathers to plan the key points in coal mining waste management (from raw material processing to disposal). It should be noted that the role of each team member as an expert in their field is important in planning;

- Daily meetings. It is necessary to understand the current stage of the coal mining waste management project;

- Retrospective meeting. It is necessary for the team to understand: "How can we do better?", "What prevented us?", "What slowed us down?";

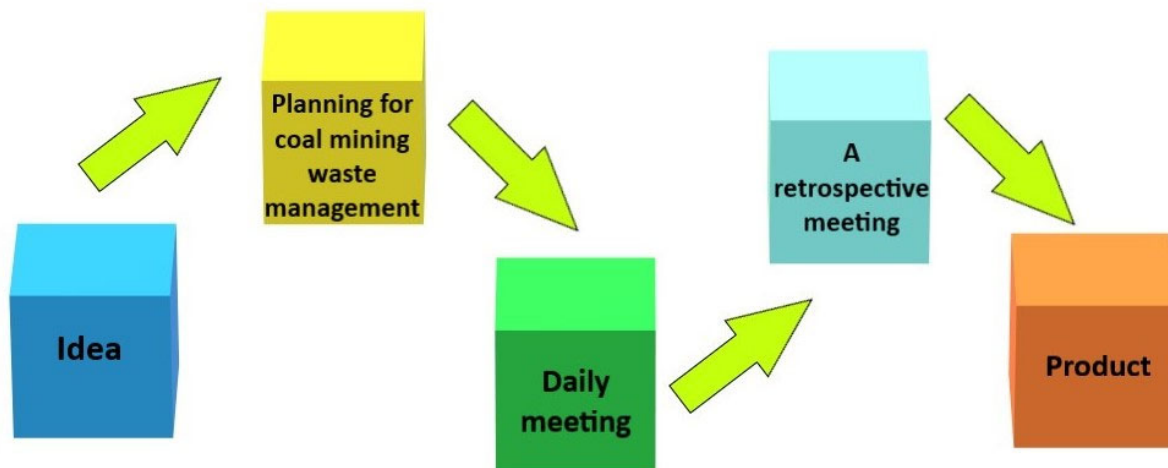


Figure 1. – Scrum organisation chart for coal industry waste management

- product. This is the full implementation of the coal mining waste management project at the output [9].

We can identify the main advantages and disadvantages of the Scrum approach to coal mining waste management:

- *Advantages:*

- Improved efficiency: By breaking down the waste management process into smaller, more manageable pieces, a Scrum approach can help to identify and eliminate bottlenecks and inefficiencies, leading to a more streamlined and efficient process;

- Enhanced collaboration and communication: A Scrum approach emphasizes the importance of collaboration and communication among team members, which can help to ensure that all stakeholders are involved in the planning and execution of the waste management process;

- Greater flexibility and adaptability: A Scrum approach encourages a flexible and adaptable approach to project management, which is important in a dynamic and complex industry like coal mining;

- Continuous improvement: Scrum emphasizes the importance of continuous improvement and adaptation, which can lead to the development of more effective and innovative waste management strategies.

- *Disadvantages:*

- Resistance to change: The implementation of a Scrum approach may face resistance from employees who are used to a traditional project management approach, which could hinder the adoption and success of the new approach;

- Lack of expertise: Implementing a Scrum approach requires expertise and knowledge of the principles and methodologies involved, which may be lacking in the coal mining industry;

- Increased complexity: Implementing a Scrum approach could add additional complexity to an already complex waste management process, which could lead to confusion and errors if not properly managed;

- Time and resource-intensive: A Scrum approach requires a significant investment of time and resources to implement and maintain, which could be a challenge for companies operating on limited budgets;

Applying a Scrum approach to coal mine waste management can potentially improve the efficiency and effectiveness of the waste management process. Scrum is an agile framework commonly used in software development, but its principles can be applied to a variety of industries and processes [10].

One of the key principles of Scrum is an iterative and incremental approach to project management. This means that the project is broken down into smaller, manageable parts, and progress is regularly analysed and evaluated. In the context of coal mine waste management, this may include breaking down the waste management process into smaller tasks, such as identifying areas with high levels of waste accumulation, implementing waste segregation methods, and establishing effective disposal methods [11].

Another important aspect of Scrum is the emphasis on collaboration and communication between team members. In the context of coal mine waste management, this may involve the involvement of stakeholders such as miners, environmental experts and waste management professionals in the planning and execution of the waste management process. This collaborative approach can



lead to the development of more effective waste management strategies that take into account the unique challenges and characteristics of each mine.

Conclusion:

The case study demonstrated the potential of Scrum as a tool to improve the efficiency and effectiveness of coal mine waste management. However, the successful application of Scrum in this context requires careful planning and management, including clear project objectives, effective communication and collaboration between team members, and regular monitoring and evaluation of project performance. The findings of this study provide valuable insights into the practical considerations and potential limitations of applying Scrum to coal mine waste management, which can be used to guide future research and implementation of Scrum in this area. Finally, Scrum also emphasises the importance of continuous improvement and adaptation. This means that the waste management process is not static and should be constantly evaluated and improved as new information becomes available and new challenges arise. By applying a Scrum approach to coal mine waste management, companies can potentially develop more efficient, cost-effective and environmentally friendly waste management strategies that can be adapted to changing conditions and requirements.

REFERENCES

1. Jeff Sutherland Scrum: A revolutionary approach to building teams, beating deadlines and boosting productivity // Book. Publisher: Random House Business Books. – 2014. – 256 p.
2. Тынына, С.В., Чоботько, И.И. Проблемы эксплуатации и методы предотвращения возгораемости породных отвалов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. - Вип. 44 – 2017. – С. 146-151. <http://visnyk-pedagogy.knlu.edu.ua/index.php/wissn024/article/view/125029/119549>
3. Чоботько І.І. (2021). Обґрунтування параметрів вибору обладнання для гасіння відходів вуглевидобутку, Вісті Донецького гірничого інституту. - Вип. 2(49). – 2021. – С. 68-77. <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2021-2-68-77>
4. Хорольський А. О. Наукові основи обґрунтування меж області раціонального проектування при відпрацюванні родовищ корисних копалин // Физико-технические проблемы горного производства. - Вып. 23. - 2021. - С. 149-173. <https://doi.org/10.37101/ftpgp23.01.011>
5. Грінюв, В. & Хорольський, А. Нові підходи і результати досліджень по раціоналізації відпрацювання родовищ корисних копалин // Физико-технические проблемы горного производства. - Вып. 23. - 2021. - С. 178-203. <https://doi.org/10.37101/ftpgp23.01.012>
6. Грінюв, В. Г., & Хорольський, А. О. (2020). Дослідження основ технології оптимального проектування раціонального користування родовищами цінних копалин. Мінеральні ресурси України, 2, 19-24. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.19-24>
7. Грінюв, В.Г. & Хорольський, А.О. Можливості ефективного освоєння рудних родовищ із запасами рідкісних і благородних металів // Физико-технические проблемы

горного производства. - Вып. 20. - 2018. – С. 113-122. <http://dspace.nbuu.gov.ua/handle/123456789/161923>

8. Emmanuel Chukwudi Amadi, Gloria Chukwudebe, Ignatius Ayogu, Charles Ikerionwu, K. C. Okafor Implementation of a Web Application for Stakeholder Inclusion for Sustainable Waste Management // IEEE International Conference on Emerging & Sustainable Technologies for Power & ICT in a Developing Society (NIGERCON). – 5-7 April 2022. – PP. 1-5. <https://doi.org/10.1109/NIGERCON54645.2022.9803069>

9. Демиденко М.А. Управління проектами інформатизації за методологією SCRUM // Навч. посіб. Нац. гірн. ун-т. – Електрон. текст. дані. – Д.: 2016. – 80 с. <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/151152>

10. Хорольський, А.О., Гриньов, В.Г. Системні принципи та оціночний критерій надійності при оптимізації технологічних схем вугільних родовищ // Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". - Вип. 1(2 (80)). – 2017. – С. 225-233. [https://doi.org/10.26642/tn-2017-2\(80\)-225-233](https://doi.org/10.26642/tn-2017-2(80)-225-233)

11. Khorolskyi, A., Mamaikin, O., Fomychova, L., Pocherov, V., & Lapko, V. Developing and implementation a new model optimizing the parameters of coal mines under diversification // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. - Issue 17(16). - 2022. – PP.1544-1553.

УДК 622.625.28

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ЕТАПІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ – СУЧАСНИЙ ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ ПОПИТУ

К.А. Зіборов¹, І.В. Вернер², М.В. Пімахов³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

²старший викладач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: ill3@ukr.net

³студент групи 132-19-2, e-mail: pimakhov.m.v@nmu.one

^{1,2,3}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У статті обґрунтовано використання ігрового рушія для утворення дизайну інтер'єру з інтерактивними елементами. Наведено приклади використання та можливостей системи Unreal Engine.

Ключові слова: гра, віртуальний тур, Unreal Engine, інтер'єр, дизайн.

MANUFACTURING PRODUCT STAGES VISUALIZATION IS A MODERN TOOL FOR DEMAND GENERATION

Kirill Ziborov¹, Ilya Verner², Mykhailo Pimakhov³

¹Ph.D., Associate Professor, Department of Engineering and Generative Design, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

²Lecturer, Department of Engineering and Generative Design, e-mail: ill3@ukr.net

³Student, e-mail: pimakhov.m.v@nmu.one

^{1,2,3}Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The article substantiates the use of a game engine for interior design. Examples of the use and capabilities of the Unreal Engine system are given.

Keywords: game, virtual tour, Unreal Engine, interior, design.

Вступ. Отримання технічної специфікації, яка детально описує передумови та основні функції, є необхідною умовою при розробці продукту або дизайну будь-якого промислового виробу. Використовуючи цю інформацію як основу, ми можемо почати підбирати аналоги та оцінювати їх для створення оригінальних розробок [1-2].

Для побудови конструкції виробів та визначення точних розмірів і характеристик матеріалів необхідно використовувати на кожному етапі розробки технології автоматизованого проектування. Тому, щоб донести це до споживача, потрібно будувати графічну модель у трьох вимірах.

Клієнти повинні мати можливість уявити свої майбутні покупки у трьох вимірах, тому з часом інша стратегія формування попиту та надання додаткових споживчих якостей виробу, почала їх не влаштовувати. А в ідеальному світі вони хотіли б мати перспективу навіть взаємодіяти з ними у віртуальному середовищі.

Для досягнення цієї мети можливо використовувати середовища для створення ігор, які називаються ігровими рушіями, оскільки бізнес інтерактивних ігор швидко зростає. Тому актуальним є використання ресурсних перспектив застосування цих середовищ для візуалізації інтер'єру.

Мета роботи. Провести аналіз програмного забезпечення для візуалізації етапів виготовлення виробів – як сучасний інструмент формування попиту на продукти матеріального виробництва.

Матеріал і результат досліджень. Зазвичай, для різних візуалізацій використовують спеціально розроблене для цього програмне забезпечення на кшталт Autodesk Inventor, 3ds Max або Blender, але вони не надають користувачеві можливість інтерактиву із створеним оточенням та об'єктами, і саме на цьому етапі їм на заміну приходить інший вид програмного забезпечення - ігрові рушії.

На ринку для тих, хто працює в комп'ютерній індустрії та створює відеоігри, візуалізації архітектури та об'єктів, дуже часто використовують рушії Unreal Engine та Unity, так як вони запроваджують не тільки візуалізацію, але й інтерактив, які дозволяють отримати уявлення про кінцевий продукт споживачеві, якому необов'язково бути фізично присутнім для того, щоб побачити майбутній продукт, що й було покладено в основу дослідження [3].

Якщо роздивлятися перспективи щодо використання, необхідно обрати найперспективніший рушій для ігор зі списку існуючих загальновідомих та вказати їх переваги і недоліки, а саме:

– Unity: Unity є одним із найбільш широко використовуваних ігрових двигунів, особливо для незалежних розробників ігор. Він відомий своєю простотою використання та універсальністю, що дозволяє розробникам створювати ігри для широкого діапазону платформ, включаючи ПК, мобільні пристрої та консолі. Unity також має велику й активну спільноту розробників, яка надає багато ресурсів і підтримки. З мінусів має програмування мовою C#, яка не є дуже оптимізованою, і навіть на потужних комп'ютерних системах може часто видавати помилки, вилітати або призводити до низької частоти кадрів (необов'язково навіть на етапі рендерінгу зображення), що впливає на загальне сприйняття проекту, що в свою чергу означає, що він не підходить для багатьох кінцевих споживачів.

– Unreal Engine: Unreal Engine — це умовно-безкоштовний передовий ігровий движок, розроблений Epic Games. Він відомий своєю фотореалістичною графікою та потужними функціями, що робить його популярним вибором для розробників ігор класу AAA. Unreal Engine також має потужну спільноту розробників, велику бібліотеку фотореалістичних матеріалів та моделей і пропонує підтримку для широкого спектру платформ, включаючи VR і AR. З мінусів можна виділити те, що якщо проект матиме занадто реалістичну графіку, можуть виникнути невеликі проблеми з частотою кадрів, але на відміну від попереднього двигуна має найоптимізованішу мову програмування для 3D-середовищ C++ та можливість візуального програмування у вигляді нодів – Blueprint, що полегшує саму задачу програмування інтерактиву.

– Godot: Godot — це безкоштовний ігровий движок із відкритим вихідним кодом, який останніми роками набув популярності завдяки своїй простоті та гнучкості. Він має систему візуальних сценаріїв на основі вузлів, яка дозволяє розробникам створювати ігри без необхідності писати код. Godot також пропонує підтримку різноманітних платформ, включаючи ПК, мобільні пристрої та консолі. Проте, він не має такої широкої публічної підтри-

мки, як попередній кандидат та в ньому набагато складніше отримати фотореалістичну графіку, з чого можна зробити висновок, що він підходить для кінцевого споживача, але не підходить для розробника.

– CryEngine: CryEngine — це один вдосконалений ігровий движок, відомий своїми розширеними можливостями симуляції графіки та фізики. Певний час був популярним вибором для створення візуально приголомшливих ігор, особливо в жанрі FPS. CryEngine також пропонує потужну систему AI, яка дозволяє розробникам створювати складну поведінку NPC. Нажаль, є дуже неоптимізованим, а тому не підходить ні споживачеві, ні розробнику.

– Construct: Construct — це движок двовимірних ігор, розроблений для непрограмістів. Він використовує інтерфейс перетягування та візуальний сценарій, щоб дозволити розробникам створювати ігри без необхідності писати код. Це популярний вибір для створення казуальних і мобільних ігор. Цей двигун взагалі не має можливості праці з 3д-просторами, тому він просто не підходить для створення візуалізації вже на етапі самої ідеї.

Тож, маючи певне уявлення про те, що собою являє кожен з двигунів, можна із повною впевненістю сказати, що Unreal Engine є найідеальнішим серед вищезазначених двигунів.

Варто зазначити ще декілька причин, чому Unreal Engine є чудовим вибором для створення візуалізацій інтер'єру та інтерактивних відеопрезентацій. По-перше, вдосконалена графіка та можливості візуалізації Unreal Engine дозволяють створювати високореалістичні та захоплюючі візуалізації. Технологія візуалізації в режимі реального часу дає змогу дизайнерам створювати фотореалістичні зображення та відео, які неможливо відрізнити від справжніх фотографій чи відео. Це особливо важливо для візуалізації продуктів матеріального виробництва, наприклад, інтер'єру, де реалістичне освітлення та матеріали мають вирішальне значення для створення правдоподібного та переконливого простору.

По-друге, потужний і гнучкий редактор рівнів Unreal Engine дозволяє дизайнерам створювати інтерактивні середовища, які можна досліджувати в реальному часі. Це ідеально підходить для створення інтерактивних відеопрезентацій, які дозволяють користувачам досліджувати простір і взаємодіяти з об'єктами в ньому. За допомогою Unreal Engine дизайнери можуть створювати інтерактивні програми, які будуть не тільки приголомшливими візуально, але й привабливими та такими, що запам'ятовуються.

По-третє, підтримка Unreal Engine технологій VR і AR робить його чудовим вибором для створення захоплюючих вражень. Це особливо важливо для візуалізації інтер'єру, де клієнти часто хочуть випробувати простір до того, як воно буде побудоване.

Нарешті, велика та активна спільнота розробників Unreal Engine означає, що для дизайнерів, які тільки починають працювати з рушієм, є багато ресурсів і підтримки. Це включає навчальні посібники, документацію та форуми спільноти, де дизайнери можуть отримати допомогу та поради від інших користувачів.

Оскільки цей інструмент має дуже широкий спектр можливостей для втілення будь-якої ідеї, його навіть застосовують у кінобізнесі, впроваджуючи ще кращі візуальні ефекти, у кожній новітній версії програми. А оскільки цей інструмент є умовно безкоштовним і пропонує візуальне програмування у вигляді системи Blueprint (функція на кшталт Blender), окрім C++, навіть початківець зможе розібратися в ньому і створити витвір мистецтва, який не поступатиметься будь-чому, виробленому Голлівудом або відомою студією відеоігор.

Варто зазначити, що окрім потреб основних індустрій, де використовується фотореалістичний 3D-простір, Unreal Engine можна використовувати ще й для візуалізації планування майбутніх будівель та внутрішніх приміщень.

Таким чином, це дослідження міститиме у собі приклад інтерактивної візуалізації майбутньої аудиторії НТУ ДП, а саме 1/123.

Наприклад, наведені нижче скріншоти (взяті з технічної презентації, створеної студентом) показують те, як виглядає аудиторія до ремонтних робіт і як виглядатиме після з реалістичним сонячним світлом та світлом від блискавки з урахуванням фізичних характеристик матеріалів і кольорів [4], таких як ступінь поглинання світла, відбиття світла і передача кольору (рис. 1).

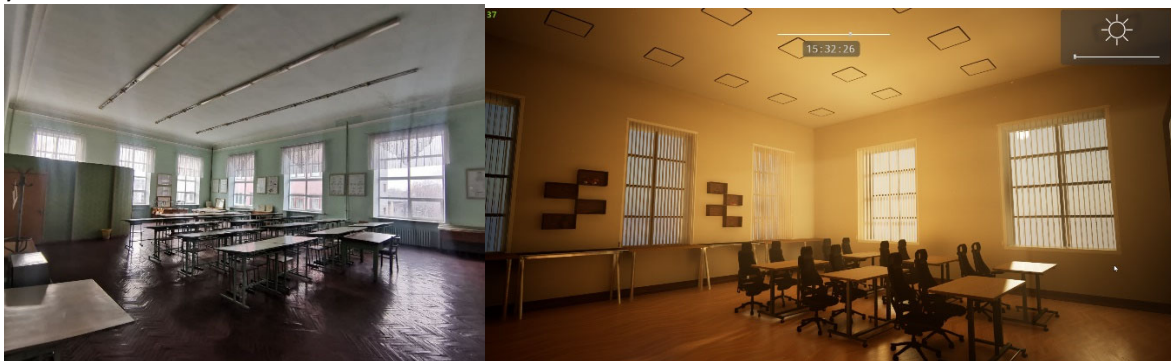


Рис.1. – Фото аудиторії до ремонту та скріншот того, як вона може виглядати після

Можна імітувати лампи та інші джерела штучного освітлення. Поведінку світла в просторі також можна спостерігати в реальному часі завдяки програмованим користувачем перемикачам (рис. 2).



Рис.2. – Приклад аудиторії із штучними джерелами освітлення

В цьому дослідженні показано запрограмовану можливість зміни колористичних характеристик меблів в режимі реального часу (рис. 3). Це надає кінцевому споживачу уявлення про те, як виглядатиме кінцевий продукт при тій чи іншій палітрі кольорів, яку матиме атмосферу та загальний настрій.

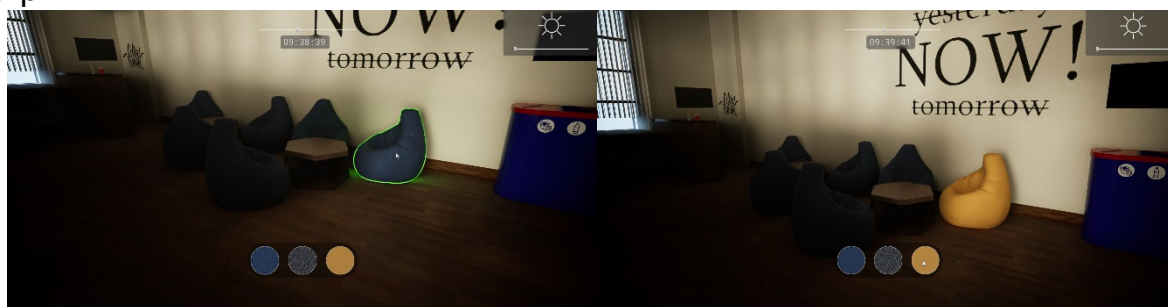


Рис.3. – Приклад зміни кольорів у реальному часі

Використання Unreal Engine в університетських програмах може надати технічним фахівцям цінні навички та знання, які дуже затребувані в різних галузях. Наприклад, використання Unreal Engine в архітектурних програмах може дати студентам можливість створювати реалістичні візуалізації проєктів будівель із ефектом занурення та демонстрацією того, як той чи інший виріб виглядатиме в певному оточенні.

Так само використання Unreal Engine в інженерних програмах може надати студентам можливість створювати симуляції та віртуальні прототипи складних систем. Це може бути особливо корисним у таких сферах, як аерокосмічна, автомобільна та робототехніка, де віртуальне тестування можна використовувати для виявлення та вирішення потенційних проблем до того, як буде створено фізичний прототип.

Крім того, використання даного програмного забезпечення у програмах візуалізації продуктів може дати студентам можливість створювати ре-

алістичні та привабливі візуалізації продуктів, дозволяючи компаніям демонструвати свої продукти в більш динамічний та інтерактивний спосіб, тим самим збільшуючи попит і кінцеву ціну на ці продукти.

Висновки. Unreal Engine 5 має велике майбутнє як ефективний інструмент архітектури та дизайну на додаток до того, що він може бути повноцінним рушієм відеоігор або VFX-пакетом, та інструмент дизайну, який відкриє можливості для створення нових робочих місць, прискорить будівельні та ремонтні роботи, а також підвищить продуктивність праці.

Якщо університети використовуватимуть Unreal Engine у своїх програмах, вони можуть допомогти підготувати студентів до кар'єри в галузях, які вимагають розширених можливостей візуалізації та моделювання, надаючи їм конкурентну перевагу на ринку праці та створюючи попит саме для їх продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Interior Design in Ukraine. Дизайн інтер'єру в Україні. Інтер'єрні рішення в комерційних приміщеннях / Люсія Бондар. – Київ: «УКМГРУПА», 2020. – 304 с.
2. Comparative Study on Game Engines // Andrzej BARCZAK Hubert WOŹNIAK / Studia Informatica. System and information technology. – Vol. 23 No 1-2 (2019) – PP.5-24.
3. Overview and Comparative Analysis of Game Engines for Desktop and Mobile Devices // Eleftheria Christopoulou, Stelios Xinogalos / International Journal of Serious Games. – Volume 4, Issue 4, December 2017. PP.21-36.
4. Пімахов М.В. Приклад моушен-графіки візуалізації інтер'єру. – Режим доступу: <https://youtu.be/q8h1aFeQw0c> (дата звернення: 27.03.2023).

УДК 65.011.8

SYSTEM DESIGN OF ENTERPRISES IT-ARCHITECTURES

A. Kosolapov¹, I. Busyrev²

1Ph.D., Professor of Computing Department, e-mail: kosolapof@i.ua

²MA, Assistant

^{1,2}Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. After the end of martial law in peaceful Ukraine, one of the priority tasks will be the reconstruction of destroyed enterprises and industries. These processes must begin with the conceptual design of the IT architectures of the restored enterprises. However, the successful resolution of these tasks has a number of established difficulties. The paper provides a list of these features, which affect the paradigm shift of computerization and the transition of management systems to socio-computer-integrated systems. These peculiarities re-

quire changes in the training of Masters in Computer Engineering and their accelerated training in the new curriculum (as future systems analysts). In order to organize such training, a methodology for conceptual design of it-architectures, including Soft Skills, is proposed.

Keywords: Ukrainian features, system design, it-architecture, rehabilitated enterprises, Soft Skills, GEntA, systems analyst.

СИСТЕМНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ІТ-АРХІТЕКТУР ПІДПРИЄМСТВ

А.А. Косолапов¹, І.Вю Бусирєв²

¹Доктор технічних наук, професор, кафедра електронних обчислювальних машин, e-mail: kosolapof@i.ua

²студент

^{1,2}Український державний університет науки і технологій, Дніпро, Україна

Анотація. Після закінчення воєнного стану в мирній Україні одним із першочергових завдань стане відновлення зруйнованих підприємств і виробництв. Ці процеси необхідно починати з концептуального проектування ІТ-архітектури відновлюваних підприємств. Однак успішне вирішення цих завдань має ряд встановлених труднощів. У статті наведено перелік цих особливостей, які впливають на зміну парадигми комп'ютеризації та перехід систем управління до соціо-комп'ютерно-інтегрованих систем. Ці особливості вимагають змін у підготовці магістрів комп'ютерної інженерії та їх прискореного навчання за новою навчальною програмою (як майбутніх системних аналітиків). Для організації такого навчання пропонується методологія концептуального проектування ІТ-архітектур, включаючи Soft Skills.

Ключові слова: Українські особливості, системне проектування, ІТ-архітектура, відновлювані підприємства, Soft Skills, GEntA, системний аналітик.

Introduction. It has been said that all natural events and wars, once they are over, open up opportunities for new and original solutions in all spheres of life. And the effective rebuilding of a country always begins with education. In my opinion, this is also true for the processes of creating new automated enterprises and productions based on their future it-architectures. The paper describes the author's subjective view of these problems in Ukraine and ways of overcoming it.

Analysis of difficulties and how to overcome them. Analysis of difficulties and how to overcome them. The current stage in the design and implementation of enterprise automation systems is characterized by the following features.

1). There is a change in the paradigms of enterprise automation associated with the increasing complexity of the created systems, which are becoming socio-computer-integrated systems [1].

2). Scale of the designed systems transfers computer systems into the class of enterprise data processing centers (DPC).

3). For such a class of systems the functions of computer engineering specialists change. They are not engaged in solving local problems and setting up hardware and software, but move to the level of system analytics, the main task of which is the enterprise it-architecture of to design and develop.

4). In Ukraine, the military situation makes such tasks more difficult.

4.1). A large number of totally destroyed enterprises require rebuilding them from scratch.

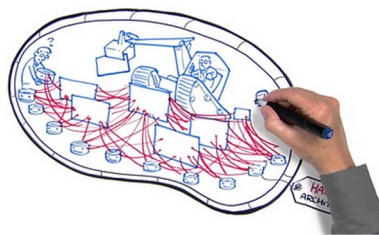


Figure 1 - Work of the system analyst [2]

4.2). The second feature is the dequalification in systems engineering, associated with the involvement of IT engineers in military operations or with their travel to Europe and Asia.

4.3). There is an urgent need to change the curricula of computer engineering training to form a new generation of domestic systems analysts.

4.4). However, the process of training of national cadres of systems analysts is complicated by the used online distance learning technology and the reduction of budgetary places in the master's degree programs in Ukrainian universities.

The author doubts the interest of foreign specialists in effectively solving the problems of rebuilding destroyed industrial enterprises, which will take a long time.

These circumstances determine the relevance of the formulated topic of the report. The paper describes basic components of enterprise it-architecture and a special generator of variants of templates of architectures to determine in the laboratory conditions of rational software and hardware solutions to implement common algorithms of functioning of socio-computer-integrated enterprise management systems.

Generator Enterprise Architecture - "GEntA". The architecture of a modern automated enterprise is a complex system (Figure 1) of interconnected 7 types of wares: technical, mathematical, software, information, linguistic, organizational and operational documentation [1]. In fact, the architecture is a multi-structure, interconnected structures of wares types or sub-architectures. One variant of the ordering of architectures is shown in Figure 2.

A template generator of industrial enterprises GEntA is proposed for planning the architecture of the enterprise to be automated. The template variant describes both the enterprise structure and the requirements for the implementation of applications and its business logic.

The generator enables the topology of the production facility layout to be formed on the company premises. These include several technological processes of a given structure and control centers with a set of serviced equipment. Each technological process is described as a sequence of technological sections with a set of sensors and actuators. Each technological process section is described by types of signals processed by the system and intensities of their appearance at the system inputs. The template describes a set of tasks to be solved as FPB (Functional Program Blocks).

The complexity of each FPB is estimated by the number of operations of the different types of its implementation. The generator generates a system database of arrays of different sizes. This specifies which part of which arrays is used by each FPB in its single execution. The operation of the designed system is described by means of fi-transactions.

The scheme of information flows of messages and control actions between technological processes and dispatching centers is specified for each fi-transaction.

For each fi-transaction, a maximum allowable processing time, or deadline, is set.

The generator allows varying the number of technological processes. Generated variants are given to students or engineers for conceptual design of rational it-architecture of a particular enterprise. The complex of models and programs for obtaining variants of structural-technical solutions [3] is offered to perform corresponding design-research works.

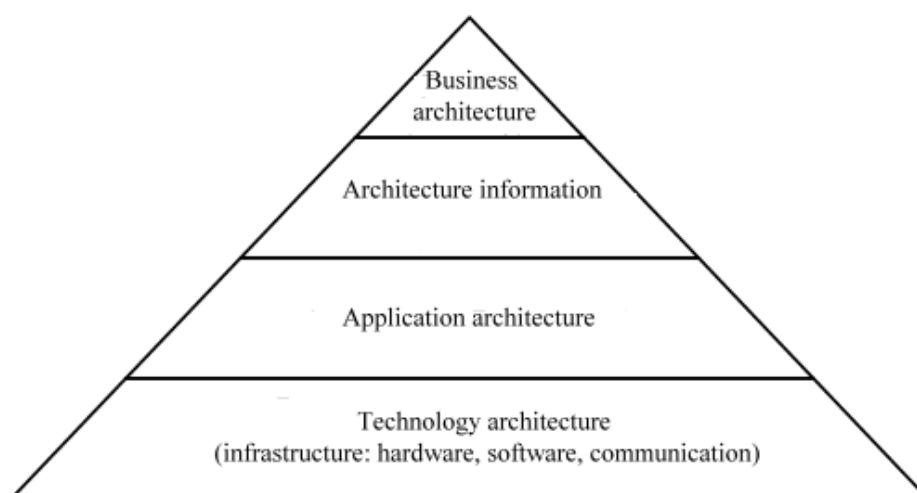


Figure 2 – The multi-level description of the enterprise architecture [4]

Conclusions. The proposed analysis of the situation related to the reconstruction of destroyed enterprises shows the great role played by education in terms of training masters focused on the conceptual design of it-architectures of modern enterprises. In order to train master's students to solve problems on the choice of rational structural and program technical characteristics of the information infrastructure, it is proposed to use a special generator of templates to describe various automated production processes and enterprises GEntA.

REFERENCE

1. Kosolapov, A.A. SMENA PARADIGM KOMP'YUTERIZACII // Avtomatizaciia ta komp'iuterno-integrovani tehnologii u virobnictvi ta osviti: stan, dosiagnennia, perspektivi rozvitku: materiali Vseukrains'koi naukovo-praktichnoi. Internet-konferencii. - Cherkasi, 2020. pp. 22-23.
2. Podchasova, S. Arhitektura predpriatiia glazami analitika Available online: <https://www.artofba.com/post/...> (accessed on 26.09.2019).
3. Konceptual'noe Proektirovanie Komp'iuternyh Sistem Real'nogo Vremeni. Codecs - Zadachi, Modeli, Metody, Algoritmy, Programmy. Monografiia / Anatolij Kosolapov - Izd. Dom Lap Lambert Academic Publishing, Beau Bassin, Mauritius, 2019. - 189 s. (ISBN 978-620-0-08208-4).
4. Serikov, A. Elementy Arhitektury predpriatiia. Biznes-arhitektura i arhitektura informacii. Available online: https://intuit.ru/studies/mini_mba/3413/courses/152/lecture/4230 (accessed on 05.02.2023).

УДК 624.011

РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ОДНОПОВЕРХОВОГО ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО БУДИНКУ

І.М. Мацюк¹, Г.С. Жарко²

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: matsiuk.i.m@nmu.one

²студентка групи 132-20ск-2, e-mail: zharko.h.s@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядається поетапна розробка основних елементів проекту одноповерхового індивідуального екологічного будинку. Запропоновано використання сучасних екологічних матеріалів. Описано поетапне створення проекту у програмному продукті Autodesk Fusion 360. Виконано функціонально-вартісний аналіз екологічного будинку.

Ключові слова: екологічний будинок, проект, Autodesk Fusion 360, екологічні матеріали, ґрунтблоки, функціонально-вартісний аналіз

PROJECT DEVELOPMENT OF A SINGLE-STOREY INDIVIDUAL ECOLOGICAL HOUSE

Iryna Matsiuk¹, Hanna Zharko²

¹PhD, Associate Professor, e-mail: matsiuk.i.m@nmu.one

²student of group 132-20sk-2, e-mail: zharko.h.s@nmu.one

^{1,2}Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper considers the step-by-step development of the main elements of the project of a single-story individual ecological house. The use of modern ecological materials is proposed. The creation of a project in the software product Autodesk Fusion 360 is described. A functional and cost analysis of an ecological house is performed.

Key words: ecological house, project, Autodesk Fusion 360, ecological materials, soil blocks, functional and cost analysis

Вступ. На сьогоднішній день питання екологічності набирає свою популярність, до усвідомленого споживання природних ресурсів вдається більша кількість людей. Особливо увага зараз приділяється цьому напрямку при проектуванні будинків. Питання екологічного житла має декілька складових – це безпека для здоров'я людини, створення оптимальних комфортних умов, екологія ресурсів природи та екологічна безпека.

Мета роботи полягає у створенні будинку з екологічно чистих матеріалів, які є безпечними для здоров'я людини, не несуть загрозу навколишньому середовищу. Ескіз такого будинку зображено на рисунку 1, його площа складає 100,5 м².



Рис. 1. – Ескіз будинку

Матеріал і результат дослідження. При проектуванні будівлі пропонується обрати стрічковий фундамент, бо він є універсальним, міцним, довговічним, порівняно простий у монтажі, при правильному зведенні має високу надійність і довговічність. Основною функцією фундаменту є сприйняття навантажень і передача їх на пласти щільного ґрунту [1].

Наступний етап проектування це – вибір екологічної цегли, а саме, запропоновано обрати ґрунтоблоки. Окрім повністю натурального складу ґрунтоблоків, вони чудового поглинають зайву вологу в будинку та віддають накопичену вологу при зміні температури.

Для з'єднання ґрунтоблоків пропонується екобетон, який являє собою суміш керамзиту, цементу, піску та смоли. За рахунок добавок склад екобетону є унікальним, поєднання сталевих міцності та пластичної, недоступні звичайному бетону [2].

Для створення комфортного мікроклімату в будівлі, окрім ґрунтоблоків та екобетону пропонується обрати екологічно чистий утеплювач – термольтон, що складається зі 100% лляного волокна. Перевагами, якого є підвищені теплоізоляційні та терморегуляційні властивості, він не є алергеном, допомагає при надмірній вологості в будівлі.

Для додаткового збереження тепла будівлі авторами запропоновано ПВХ вікна та двері, які виготовляються із деревини або плит МДФ та оброблені полівінілхлоридною плівкою. Матеріал дверей та вікон ПВХ можна повністю утилізувати, що сприяє захисту навколишнього середовища. Крім того вони довговічні, мають вологостійкі та теплоізоляційні властивості, стійкі до хімічного та механічного впливу [3].

Завершальним етапом підбору матеріалів для створення проекту є вибір матеріалу для даху. Пропонується обрати натуральний шифер, який являє собою окрему пластину відколоту від глиби гірської породи природного спресованого каменю, що має високий рівень теплопровідності, гідроізоляції, з легкістю переносить низьку температуру та перепади температури, зберігає свою твердість та привабливий вигляд на тривалий термін [4].

Для створення 3D-моделі екологічного будинку використано програмний продукт Autodesk Fusion 360. Для побудови стін із ґрунтоблоків, у програмі створено прямокутник розмірами 250*120 мм та повторена ця команда на необхідну кількість разів за допомогою команди «Rectangular Pattern» з урахуванням проміжків між майбутніми цеглинами, які складають 12 мм.

За допомогою команди «Extrude» додано необхідну ширину – 65 мм першому ряду ґрунтоблоків і створено другий ряд в шаховій послідовності та переміщено допомогою команди «Move/Сору» на відстань ширини цеглин першого ряду та проміжку для бетону 77 мм.

Далі продубльовано два ряди ґрунтоблоків командою «Rectangular Pattern» необхідну кількість разів для отримання висоти будівлі 2500 см. Для створення фактури ґрунтоблоків та завдання характеристик матеріалу, використовуємо команду «Appearance», приклад використання показано на рисунку 2.

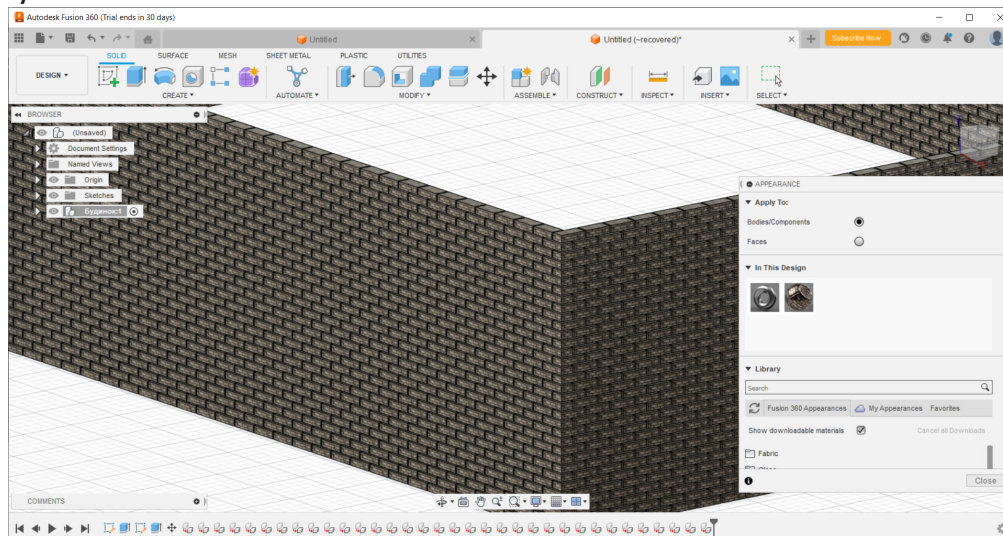


Рис. 2. – Створення стін та надання фактури матеріалам

Після побудови ґрунтоблоків, створили імітацію розчину бетону за допомогою ескізу прямокутника по формі будівлі і видавили на 130 мм командою «Extrude», далі вирізали під форму цегли за допомогою «Combine». На рисунку 3 зображено характеристики розчину бетону без урахування ваги цегли.

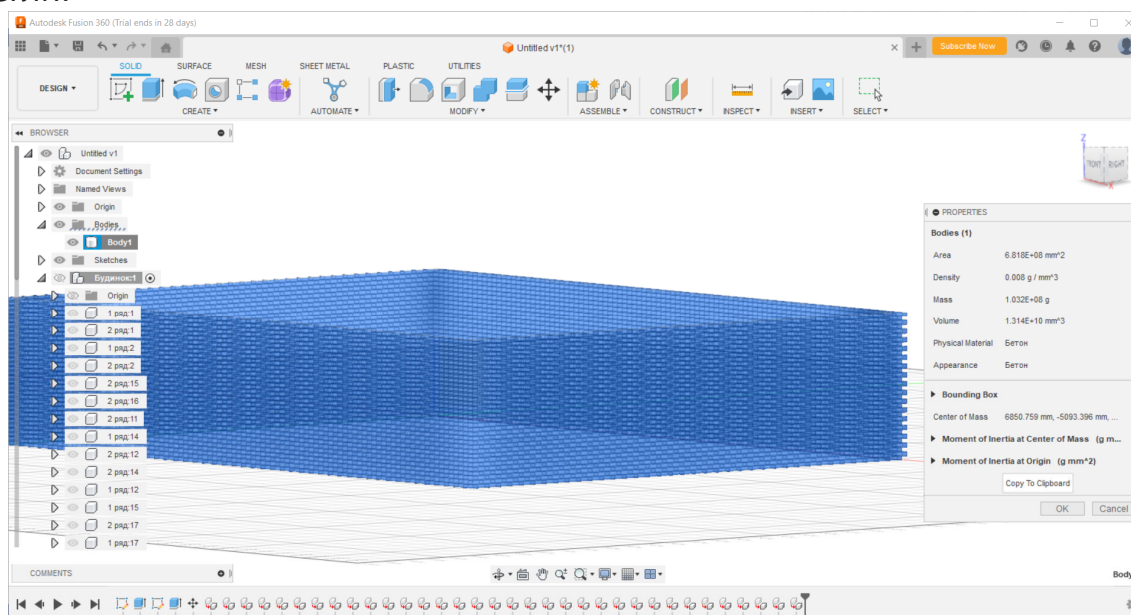


Рис. 3. – Характеристика бетону

На рисунку 4 показано 3D-модель будинку після створення стін та перегородок між кімнатами за допомогою команд «Extrude» та «Rectangular Pattern», залишаючи отвори по 900 мм для дверей. Отвори для дверей та вікон робляться за допомогою «Extrude». На кожну деталь додається свій матеріал [5].

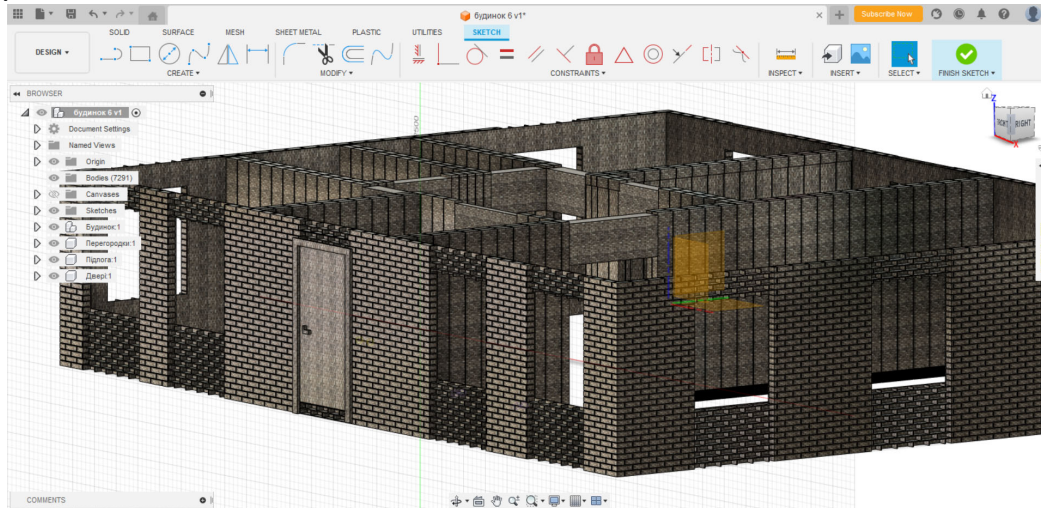


Рис. 4. – 3D-модель будівлі

Для побудови даху спочатку виконано його ескіз, а потім додано об'єм за допомогою функцій «Extrude». Готовий результат показано на рисунку 5. Вага даху складає 500 кг.

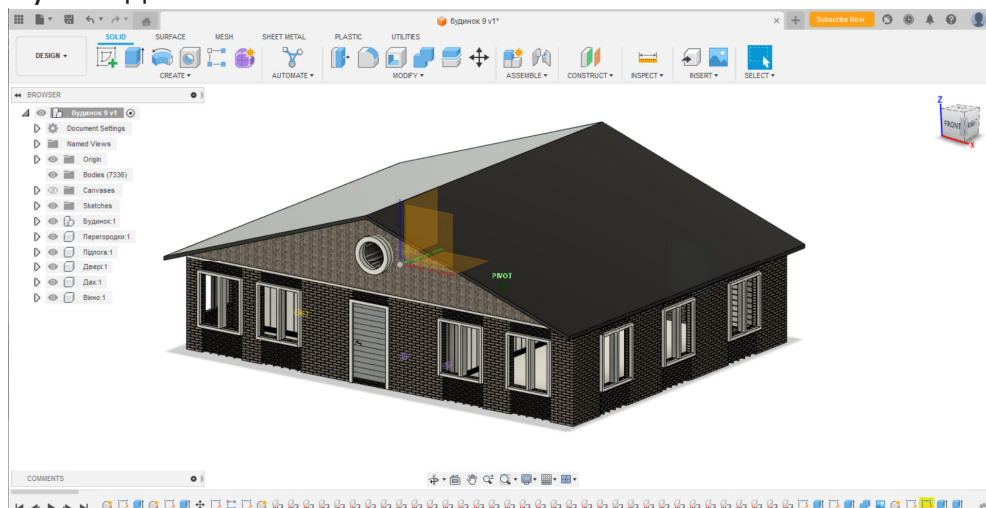


Рис. 5. – Побудова даху

Після створення 3D-моделі виконано функціонально-вартісний аналіз екобудинку для перевірки функцій запропонованого проекту та формулювання потреб які задовольняє будівля [6].

Основними конструктивними елементами будівлі є фундамент, стіни, перегородки, вікна, двері та дах. В таблиці 1 представлено функції, які виконує кожен елемент будівлі.

Таблиця 1. – Функціональний аналіз екологічного будинку

Елементи		Функція	
E ₀	Фундамент	Φ ₀	Підземна частина будинку, що сприймає всі навантаження на ґрунт.
E ₁	Стіни	Φ ₁	Захищають будівлю від зовнішніх факторів та є опорою для стелі.
E ₂	Перегородки	Φ ₂	Поділяють внутрішній простір будівлі на кімнати.
E ₃	Вікна	Φ ₃	Слугують для освітлення та провітрювання будинку, захищають від перепад температур, від опадів, навколишнього шуму.
E ₄	Двері	Φ ₄	Запобігають зазіханню на майно, захищають від перепад температур, від опадів, навколишнього шуму.
E ₅	Дах	Φ ₅	Захищає від атмосферних опадів та має теплоізоляційну функцію.

На основі функціонального аналізу зроблено функціонально-вартісний аналіз, який є пошуком балансу між вартістю та користю. Таким чином функціонально-вартісний аналіз дозволяє найбільш точно визначити витратити на створення або побудову, і надає інформацію для удосконалення екологічного будинку [7]. У таблиці 2 представлені параметри функцій кожного елемента з погляду функцій та ефективності.

Таблиця 2. – Функціонально-вартісний аналіз екологічного будинку

№	Елементи	Функція	Значимість, %	Вартість, %	Ефективність
1	Фундамент	Φ ₀	20	20	1
2	Стіни	Φ ₁	19	18	1,06
3	Перегородки	Φ ₂	10	12	0,83
4	Вікна	Φ ₃	15	16	0,94
5	Двері	Φ ₄	16	15	1,07
6	Дах	Φ ₅	20	19	1,05
			100%	100%	

Висновки. У роботі описано поетапну розробку основних елементів проекту одноповерхового індивідуального екологічного будинку. Авторами

було обрано ряд екологічно чистих матеріалів та створено 3D-модель будинку розмірами 12,8x 9,6 м. Прораховано, що для побудови такого будинку необхідно витратити 12495 шт ґрунтоблоків, 100 кг бетону та 110 листів натурального шиферу. Враховуючи вагу будинку запропоновано обрати стрічковий фундамент, який допоможе правильно розподілити навантаження на ґрунт. Запропоновано обрати матеріал для утеплення будинку – термольон, який має гарні теплоізоляційні властивості та екологічність.

На основі 3D-моделі проекту виконано функціонально-вартісний аналіз, який показує взаємодію між функціями та вартістю кожного конструктивного елементу, це допоможе зробити екологічний будинок доступним і скоротити витрати на його будівництво при збереженні функціональності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основні види фундаменту. Веб сайт. URL: <https://sanpol.ua/ua/library/tehnologii-gidroizolyatsii/osnovnye-vidy-fundamentov/>
2. Переваги еко-бетону. Веб сайт. URL: <https://www.volynpost.com/news/198591-osoblyvosti-ta-perevagy-ekobetonu>
3. Питання та відповіді про вікна та двері. Веб сайт. URL: <https://perfect.if.ua/pro-vikna/zapytanna-vidpovidi-pro-vikna>
4. Види шиферу. Веб сайт. URL: <https://fibrodah.online/fibrodah/vydy-shyferu-osnovni-harakterystyky-riznovydiv/>
5. Побудова будинку в Autodesk Fusion 360. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=oyfwNiMbTuk>
6. Функціональна модель системи. Веб сайт. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/11320265.pdf>
7. Функціонально-вартісний аналіз. Веб сайт. URL: https://osvita.ua/vnz/reports/econom_pidpr/18693/

УДК 004.9

СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ВІЗУАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ ДИСПЛЕЮ ДЛЯ VR ОКУЛЯРІВ

Т.О. Письменкова¹, О.О. Новікова²

¹кандидат педагогічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

²студентка групи 132-19-2, e-mail: Novikova.O.O@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглядаються характеристики дисплею, які впливають на сприйняття середовища у VR-окулярах. Також розглянуто ергономічні параметри окулярів та вплив кольорів на емоційний стан користувачів.

Ключові слова: ігрова індустрія, ігровий девайс, гра, VR-окуляри, візуальне сприйняття оточення

CREATING AN OPTIMAL VISUAL COMPONENT OF THE DISPLAY FOR VR GLASSES

T.O. Pysmenkova¹, O.O. Novikova²

¹Ph.D., Associate Professor of the Department of Construction, Technical Aesthetics and Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

²student, e-mail: Novikova.O.O@nmu.one

Abstract: The paper considers the characteristics of the display that affect the perception of the environment in VR glasses. The glasses ergonomic parameters and the colors influence on the users emotional state are also considered.

Keywords: gaming industry, gaming device, game, VR glasses, Visual perception of the environment

Вступ. Відображення різних об'єктів засобами віртуальної реальності вже має досить довготривалий час.

Ігри з відкритим світом надають гравцям можливість досліджувати віртуальні світи, взаємодіяти з різноманітними персонажами та виконувати різні завдання. Але довге перебування в грі з неправильно підібраними кольорами може негативно вплинути на зір та нервову систему гравця. Тому для досягнення максимального комфорту під час гри в VR окулярах важливо підібрати оптимальну матрицю, яка не буде виснажувати користувача та не шкодитиме його зору. А також при підборі кольорової гамми середовища необхідно враховувати вплив кольору на психічне здоров'я користувача.

Мета роботи. Розглянути фактори, які впливають на самопочуття користувача при використанні VR-окулярів. Обрати оптимальну матрицю дисплею VR-окуляр, які б забезпечили комфортну експлуатацію з мінімальним впливом на здоров'я. З'ясувати, як кольорова гамма штучного середовища при довгій ігровій сесії впливає на емоції та здоров'я людини.

Результат дослідження. Таблиця-характеристика візуального змісту середовища, емоційний та фізичний вплив на людину, яка знаходиться під впливом штучного середовища тривалий час.

Для тривалого перебування людини у віртуальній реальності вкрай важлива висока частота кадрів на екрані окулярів - при частоті кадрів нижче 90 в секунду користувач починає нудити [6]. Щоб цього не сталося, розробники окулярів віртуальної реальності рекомендують використовувати дуже потужні комп'ютери, які підтримують високу частоту кадрів.

Окрім питання самопочуття користувача, швидкість кадрів також підвищує якість зображення при динамічному геймплеї. Картинка стає більш чіткою, так як кадри оновлюються швидше.

Частота кадрів є особливо важливою характеристикою матриці дисплею для VR окуляр, тому на неї звертають найбільшу увагу.

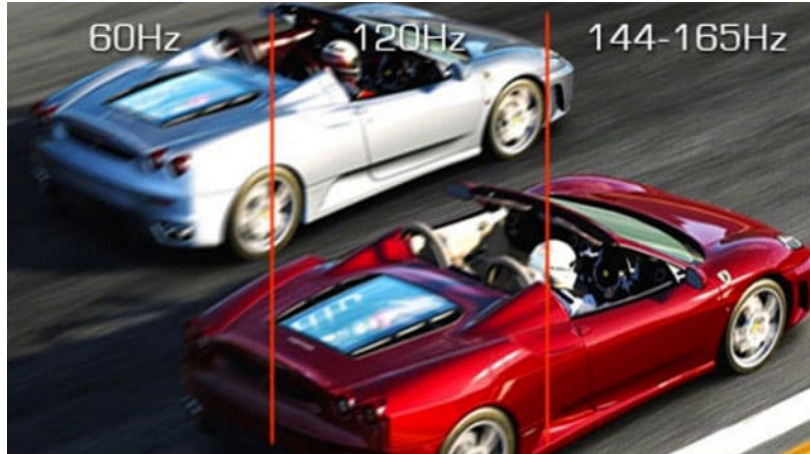


Рис. 1. – Різниця в якості зображення при різній частоті кадрів [7]

На зображенні (рис. 1) показана зміна чіткості зображення при різній частоті кадрів. При 60Hz (Гц) чіткість зображення дуже низька й це буде дуже помітно в VR окулярах. 120Hz (Гц) вже набагато краще, якість зображення дозволяє роздивитись деталі, які би було складно помітити про 60 Гц. Далі зображення при 144-165 Гц, різниця з попереднім не суттєва, але тепер деякі малі деталі стали більш помітні.

Щільність пікселів дисплею може впливати на комфортне користування VR окулярами через те, що очі знаходяться дуже близько до екрану пікселі дисплею стають більш помітніші. Чим вища щільність пікселів, тим менш помітні будуть окремі пікселі на екрані, що дозволить створити більш реалістичну імерсійну графіку. Якщо пікселі стають видимими, то це може порушувати ілюзію присутності і спричиняти дискомфорт користувача.



Рис. 2. – Якість зображення при різній щільності пікселів [8]

На зображенні (рис. 2) спостерігаємо, як щільність пікселів впливає на якість зображення. При 440 PPI неозброєним оком видно темну сітку (це власне й є зазор між пікселями). При 651 PPI все ще є темна сітка, але вона ледве помітна. Далі 803 PPI сітку вже зовсім не видно, але зображення ще недостатньо чітке. Й останнє зображення 1001 PPI, при такій щільності пікселів зображення стає дуже чітким, добре видно контраст між лініями, окрім цього передача кольорів теж покращилась

Однак, занадто висока щільність пікселів може призвести до інших проблем. Наприклад, вона може підвищити навантаження на графічний процесор, що може призвести до зниження швидкості оновлення кадрів та спричинити дискомфорт або погіршення якості зображення [9]. Також, висока щільність пікселів може вимагати вищої роздільної здатності, що призводить до погіршення продуктивності і зменшення частоти оновлення дисплею. Для VR окулярів оптимальна щільність пікселів складає не менше 651 PPI.

Ще однією не менш важливою характеристикою дисплею є яскравість та передача кольору. Яскравість дисплею може впливати на комфорт користування VR окулярами. Якщо дисплей занадто яскравий, це може призводити до болю в очах та загальної втоми. З іншого боку, дисплей, який занадто тьмянний, може знижувати якість візуального досвіду та робити зображення менш чітким.

Оптимальна яскравість дисплею для VR окулярів залежить від кількох факторів, включаючи якість самого дисплею, підсвічування, яке використовується для його підсвічування, та якість лінз окулярів. Ідеальна яскравість дисплею повинна бути достатньою для того, щоб забезпечити якісний візуальний досвід, але не настільки високою, щоб не створювати дискомфорт для очей користувача.

У деяких VR окулярах існує можливість регулювання яскравості дисплею відповідно до власних вподобань користувача, що дозволяє забезпечити максимальний комфорт та задоволення під час гри.

Розглянемо існуючі VR-окуляри, які використовують матриці наведені в таблиці (табл. 1)



Рис. 3. - HP Reverb G2 Omnicept Edition

HP Reverb G2 Omnicept Edition [2]

Матриця: LCD (дві матриці, по одній на кожне око з сумарною роздільністю 4320 x 2160)

Частота кадрів – 90 Гц, Щільність – 615 PPI

Завдяки LCD дисплею, зображення дуже чітке, гарна передача кольорів. Також HP Reverb G2 Omnicept Edition оснащений технологією рендерингу високої якості, яка дозволяє досягнути більшої чіткості і реалізму зображення. Яскравість екрана також налаштовується залежно від потреб користувача.



Рис. 4. - HTC Vive Pro Eye

HTC Vive Pro Eye [2]

Матриця: OLED (дві матриці, по одній на кожне око з сумарною роздільністю 2880 x 1600)

Частота кадрів – 90 Гц, Щільність – 615 PPI

Ця модель поєднує в собі Оптимальну частоту кадрів та щільність піксель й при цьому всьому розумно використовує ресурси відеокарти комп'ютера (чи інших пристроїв через які використовуються окуляри). Такого результату продуктивності дана модель змогла добитись завдяки трекінгу очей. Туди куди людина дивиться в даний момент екран промальовує картинку більш детально.



Рис. 5. - SAMSUNG HMD Odyssey+

SAMSUNG HMD Odyssey+ [10]

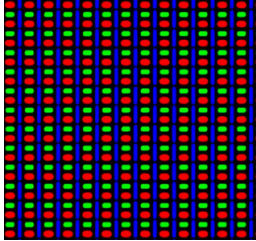
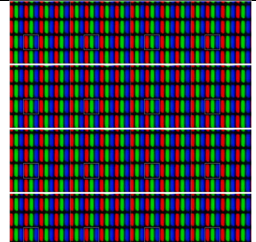
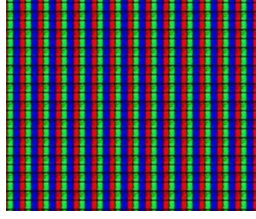
Матриця: anti-sde* AMOLED (anti-sde – без ефекту москітної сітки, роздільна здатність 2880x1600)

Частота кадрів – 90 Гц, Щільність – 1 233 PPI

Минулі версії VR окулярів з AMOLED мали дуже неприємний ефект «Москітної сітки». Цей ефект характеризується тим, що зображення були не чіткі через шум, який нагадує москітну сітку. В цій версії окуляр виробник виправив цю проблему та підвищив щільність пікселів, завдяки чому покращилась якість зображення.

Аналіз ринку [2 - 5] дозволив визначити характеристики матриці та її данні, які найбільше всього використовують для VR окуляр через їх характеристики та доступність. Інформація представлена у вигляді таблиці (табл. 1).

Таблиця 1. – Параметри матриць дисплею

Назва матриці	Частота Зміни кадрів	Щільність пікселів (PPI)	Розширення дисплею	Яскравість та передача кольору	Вид матриці
Full HD Super AMOLED	90, 120, 144	615-1 233	1920×1080	Підтримує особливу яскравість кольорів Глибокий Чорний, але погана передача білого	
OLED	60, 90 Гц	615	1920 x 1080	Так само як в AMOLED	
TFT LCD	Standard – 60 Fast Version – 90+	651	1280×800	більш стриманими кольорами. Нижча яскравість і насиченість. Кольори здаються більш природними	

Навіть підібравши оптимальну матрицю для VR-окуляр, користувач може відчувати дискомфорт через неправильно підібрану кольорову палітру гри.

Яскравість кольорів може впливати на самопочуття людини та зір [1]. Яскраві кольори можуть сприяти збудженню, тоді як менш яскраві кольори можуть заспокоювати та розслабляти.

Занадто яскраві кольори можуть бути стомлюючими для очей та надмірно стимулювати нервову систему, що може викликати стрес та дратівливість. Наприклад, яскраві кольори, такі як жовтий або червоний, можуть бути дуже стимулюючими, а тому використовуються з обережністю в тих місцях, де люди повинні бути спокійними та зосередженими, наприклад, в готелях або лікарнях.

З іншого боку, надмірно бліді кольори можуть бути нудними та недостатньо стимулюючими, тож вони також можуть викликати втоми. Отже, оптимальний рівень яскравості для кольорів буде той, який створює приємний та комфортний ефект без надмірної стимуляції або втоми.

Крім того, важливо враховувати індивідуальні особливості зору користувача. Якщо людина має проблеми із зором, вона може відчувати дискомфорт, якщо кольори надто яскраві або недостатньо контрастні. У цьому випадку, оптимальним вибором будуть кольори з помірним рівнем яскравості та контрастності, що не викликають надмірного напруження очей.

Будь-який екран випромінює велику кількість синього світла, що також впливає на стан очей.

Тривалий вплив синього світла може викликати проблеми зі здоров'ям [11]. Око оснащене конструкціями, які захищають його від деяких видів світла. Наприклад, рогівка і кришталик захищають світлочутливу сітківку в задній частині ока від пошкодження УФ-променів. Ці структури не пропускають синє світло. І користувач піддається впливу багатьох з них — природне синє світло від сонця набагато перевищує кількість від будь-якого одного пристрою.

Використання цифрових пристроїв зблизька або протягом тривалого періоду може призвести до цифрового напруження очей.

Дослідження показало, що коли люди користуються комп'ютерами, ноутбуками та іншими цифровими пристроями, вони, як правило, моргають рідше, ніж зазвичай [15]. Менше моргань може означати менше вологи для ока. Що приводить до офтальмологічної патології, яка в самому простому вигляді проявляється запаленням роговиці та кон'юнктивітом.

Цифрове напруження очей означає різні речі для різних людей, але, як правило, пов'язане з системою фокусування очей.

Коли очі напружені від погляду на екран, що випромінює синє світло, помічається:

- сухість очей,
- хворі або роздратовані очі,

- втомлені очі,
- головний біль,
- втомлені від зажмурення м'язи обличчя.

Синє світло розлітається легше, ніж більшість іншого видимого світла. Це може ускладнити фокусування ока при отриманні синього світла. Натомість око може перетравлювати синє світло як погано сфокусовану візуальну статистику. Це зменшення контрастності може ускладнити оку обробку синього світла, потенційно сприяючи напрузі очей.

Тим не менш, наразі не достатньо досліджено, що синє світло безпосередньо призводить до напруження очей. Потрібні більш якісні дослідження. Науковці зазначили, так як світлодіодні пристрої з'явилися відносно нещодавно, немає жодних довгострокових досліджень, які б виміряли, що синє світло робить з очима протягом життя.

Вивчення кольорів і способів їх сприйняття ведеться дуже давно. Значна частина сучасної теорії кольору походить з історичного контексту та глибокого культурного значення. Усвідомлення цього дає змогу використовувати кольори у своїх інтересах або повністю руйнувати упередження гравця новими та креативними способами [12].

Червоний: сильні емоції, такі як любов, хіть, гнів, а також тепло.

Помаранчевий: радість і ентузіазм, а також розчарування або свіжість.

Жовтий: щастя або боягузтво.

Зелений: природа, заздрість, хвороба або жадібність.

Синій: спокійний, холодний і корпоративний


Фіолетовий: Королівське благородство, якість і розкіш.

Чорний: таємниця, зло або горе.

Білий: щирість, добро, чистота, святість, чистота або траур.

Тож враховуючи наведену вище інформацію підібрано оптимальні кольори для середовища такі як зелений, помаранчевий, синій, жовтий та взаємодія цих кольорів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. – Характеристика кольорової гамми середовища

Приклади середовища (Зображення взяті з [13, 14])	Вплив на зір та нервову систему	Емоційна складова
<p>1.</p> 	<p>Домінуючий колір – зелений.</p> <p>Оптимальна кольорова гамма для середовища. Очі людини чудово сприймають зелений колір, а також розслабляє нервову систему.</p>	<p>Зелений колір відомий своїм спокоєм та зосередженістю, що може допомогти зосередитися та підтримувати концентрацію. Крім того, зелений колір допомагає створити приємну атмосферу.</p>

		мну та заспокійливу атмосферу, так як асоціюється з природою.
2. 	Домінуючий колір – червоний та помаранчевий. Червоне світло сильно стимулює нервову систему, тому при довгому знаходженні в середовищі з агресивно червоним кольором може напружити очі та викликати роздратованість	Червоний колір у більшості людей виникає тривогу та агресивність, так як така кольорова палітра асоціюється з кров'ю та пожежою.
3 	Домінуючий колір – чорний та темно синій Якщо середовище дуже темне, а людина буде намагаться вдивлятися в деталі – це може призвести до погіршення зору через перенапруження очей	Темно-синій колір викликає в людини відчуття спокою та суму, впершу чергу це пов'язано з контекстом, якщо темно-синя палітра зустрічається в контексті ночі, то воно має заспокійливий ефект, але використання цього кольору в контексті драматичної ситуації підсилює відчуття смутку та жалю
4 	Домінуючий колір – жовтий. При створенні середовища в такій кольоровій гаммі головне, щоб жовтий був не дуже яскравий, бо занадто яскравий жовтий колір може призвести до погіршення зору	Жовтий колір викликає у людини такі емоції, як радість, щастя, надія, подібно тому, як сонце встає після довгої темної ночі.

<p>5</p> 	<p>Баланс кольорів – зелений, жовтий та блакитний. Оптимальний баланс стимулюючих та заспокійливих кольорів. Такий варіант надає очам достатню розрядку, що дозволяє знаходитись в такому середовищі достатньо довго</p>	<p>Збалансоване різноманіття барв дає енергію та в цей же час не перенапружує зоровий канал, подібно натуральному середовищу.</p>
<p>6</p> 	<p>Домінуючий колір – сірий. Така кольорова гамма має заспокійливий ефект, але в той же час створює недостаток кольорів через, що у користувача може виникати відчуття нудьги</p>	<p>Відсутність барв робить середовище безжиттєвим та сумним, зів'ялим. Перебуваючи в такій атмосфері людина може відчутти самотність та депресію. Але це також залежить від контексту, так як більшість урбанічних середовищ також багаті на сіру палітру, але при цьому не виглядають млявими</p>

Висновки. Найбільш вдалою матрицею для VR окулярів є TFT LCD (швидка версія) вона забезпечує частоту кадрів достатню для комфортного використання VR окуляр. Також даний тип матриць має високу щільність пікселів завдяки чому у екрана не виникає ефекту «Москітної сітки». Також яскравість та передача кольорів LCD дисплеїв, дуже яскрава, але при цьому кольори приємні для очей та відчуються «натурально».

У відкритому світі, наприклад, коли створюється середовище для роботи або навчання, оптимальним кольором може бути зелений. Зелений колір відомий своїм спокоєм та зосередженістю, що може допомогти зосередитися та підтримувати концентрацію. За таблицею 2 найбільш оптимальними варіантами будуть кольорові рішення під номером 2 та 5, так як в них найбільш збалансована взаємодія зеленого з іншими кольорами. Інші варіанти наведенні в таблиці теж мають місце бути, але не на постійній основі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Катерина Васюк. Особливості впливу кольорів на фізіологічний і психологічний стан людини // Режим доступу: <https://labprice.ua/statti/osoblivosti-vplivu-koloriv-na-fiziologichniy-i-psihologichniy-lyudini/>
2. Садо Рабауді & Ден Тінкхем. Керівні принципи бюджетування worldviz на 2023 рік для наукових vr-лабораторій // Режим доступу: <https://www.worldviz.com/post/2023-worldviz-budgeting-guidelines-for-scientific-vr-labs>
3. Технологія Dynamic AMOLED. Огляд дисплеїв Samsung нового покоління. Режим доступу: <https://samsungshop.com.ua/samsung-news/1091.html>
4. Технологія AMOLED. Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/AMOLED>
5. Technology : JDI's LCD Technology : High Pixel Density | Japan Display Inc. Режим доступу: <https://www.j-display.com/english/technology/idilcd/highreso.html>
6. [The Importance of the VR Refresh Rate: Everything You Need To Know](https://kommandotech.com/guides/vr-refresh-rate/) // Режим доступу: <https://kommandotech.com/guides/vr-refresh-rate/>
7. Паоло Рева. Best 144Hz Monitors 2016 / 2017 – Buyer's Guide // Режим доступу: <https://monitornerds.com/best-144hz-monitors-2016-2017/>
8. VRS Pixel Density Example - Virtual Reality Society // Режим Доступу: <https://www.vrs.org.uk/japanese-tech-giants-team-create-specialised-vr-lcd-screens/vrs-pixel-density-example/>
9. [Confused about HiDPI and Retina display? — Understanding pixel density in the age of 4K.](https://www.eizo.no/library/basics/pixel_density_4k/index.html) Режим Доступу: https://www.eizo.no/library/basics/pixel_density_4k/index.html
10. Натаніель Мотт. Samsung Fights VR's Screen Door Effect, Doubles PPI With HMD Odyssey+ // Режим доступу: <https://www.tomshardware.com/news/samsung-hmd-odyssey-vr-headset-specs,37963.html>
11. Сара Н. Фрай, OD, MPH, FAAO — Ребекка Джой Стенборо, MЗС. Синє світло: що це таке, і як воно впливає на наші очі? Режим доступу: <https://www.healthline.com/health/what-is-blue-light>
12. Герман Туллекен. Color in games: An in-depth look at one of game design's most useful tool. Режим доступу: <https://www.gamedeveloper.com/design/color-in-games-an-in-depth-look-at-one-of-game-design-s-most-useful-tools#close-modal>
13. Color Harmony Studies. Режим Доступу: <http://artofae.blogspot.com/2013/11/color-harmony-studies.html?m=1>
14. Передача настрою завдяки кольорової гамми // Режим доступу: <https://ifunny.co/picture/despair-hope-tramquality-wysteriow-bnrrln-lifeless-SLhaSGsw7>
15. Суканья Джайсвал, Ліза Аспер, Дженніфер Лонг, Ебігейл Лі, Кірстен Харрісон, Бланка Голебовські. Очний і візуальний дискомфорт, пов'язаний зі смартфонами, планшетами і комп'ютерами: що ми робимо, а чого не знаємо // Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30663136/>

УДК 004.94; 621.7

АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ

З.В. Сазанішвілі¹, Д.В. Юр'єв²

¹кандидат технічних наук, асистент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: szanishvili.z.v@nmu.one

²студент групи 132-20ск-2, e-mail: yuriev.D.V@nmu.one

^{1,2} Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі розглянуто відновлення елементів конструкції. Розроблено 3D-модель кришки насоса, створена програма управління для формоутворення на машині адитивного виробництва, описані режими виготовлення за FDM-технологією.

Ключові слова: Inventor, Autodesk, 3D-моделювання, адитивні технології.

ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF RESTORATION OF STRUCTURE ELEMENTS

Zoia Sazanishvili¹, Danylo Yuriev²

¹Ph.D., Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: szanishvili.z.v@nmu.one

²Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: yuriev.D.V@nmu.one

Abstract. This article considers the restoration of structural elements. A 3D model of the pump cover has been developed, a control program has been created for molding on an additive manufacturing machine, production modes of FDM technology have been described.

Keywords: Inventor, Autodesk, 3D modeling, additive technologies.

Вступ. Сучасний розвиток виготовлення продукції тісно пов'язаний з екологічними нормами виробництва й утилізації виробів. Тому актуальним є питання відновлення конструкцій та окремих їх деталей. Під час відновлення виробів відтворюється виробничий цикл розробки та виготовлення елементів конструкції, у тому числі комп'ютерна візуалізація та виробництво деталей адитивними технологіями.

Мета роботи полягає у комплексному підході до відновлення виробів, а саме в аналізі пошкодженої деталі, її 3D-моделюванні та виробництві адитивними технологіями.

Матеріал і результат досліджень. У роботі розглянуто відновлення елементів конструкції діафрагмового насосу. Діафрагмові насоси за принципом дії близькі до поршневих насосів. Роль поршня в них виконує гнучка діафрагма (мембрана), якій надається зворотньо-поступальний рух [1].

Під час експлуатацію на кришку насосу діє тиск, тому відбувається її руйнування (рис. 1).



Рис. 1. – Пошкодження кришки насосу

На першому етапі роботи по відновленню кришки насосу, була розроблена модель деталі в Autodesk Inventor Professional 2022 (рис. 2). Вона має складну конфігурацію, тому економічно-вигідно застосовувати під час виготовлення адитивні технології, що підвищує точність виготовлення, збільшує коефіцієнт використання матеріалу, зменшує механічну обробку, номенклатуру деталей і кількість складальних операцій.

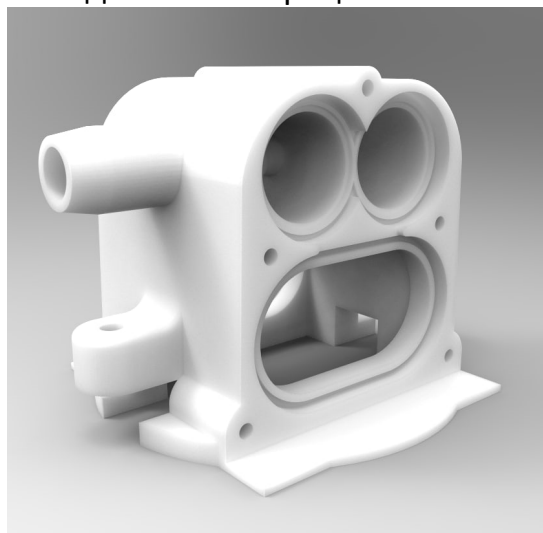


Рис. 2. – 3D-модель деталі

- У загальному випадку, робочими умовами роботи насосу є:
- температура експлуатації – 30...80°C;
 - середовище – вода.

Під час вибору матеріалу були розглянуті характеристики пластиків, що використовуються під час формоутворення адитивними технологіями (табл. 1).

За характеристиками і наявною відпрацьованою технологією формоутворення, а також з урахуванням ціни пластику, для виготовлення кришки насосу, було обрано ABS-пластик, який відповідає робочим умовам.

Для прототипування й виготовлення дрібносерійних виробів широко використовується FDM-технологія. Як зазначено [3], під час виготовлення деталей за обраною технологією, необхідним є контроль друку перших шарів виробу. Для забезпечення високої адгезії матеріалу забезпечено підігрів платформи, а також була оптимізована орієнтація моделі за найбільшою поверхнею примикання (рис. 3). Оптимізація розміщення, розбивка моделі на шари, побудова підтримуючих конструкцій і задання параметрів формоутворення проводилась в програмі Ultimaker Cura.

Таблиця 1 – Характеристики пластиків [2]

Характеристика	Nylon	PET	ABS	PLA
Густина, г/см ³	1,20	1,27	1,15	1,25
Температура екструдера, °C	240...270	255...270	240...260	200...235
Температура платформи, °C	80...100	60...70	80...110	20...60
Водопоглинання, 24ч/23°C	3	2	1	4
Міцність на розтяг, МПа	78	70	46	53
Відносне видовження при розтягу, %	75	50	13	4
Температура експлуатації	-30...+120	-20...+200	-10...+100	-20...+40

Для виготовлення деталі з ABS-пластика за FDM-технологією були обрані наступні параметри:

- температура екструдера - $235 \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- температура платформи – 100°C ;
- швидкість друку – 60 мм/с;
- товщина шару – 0,2 мм при діаметрі сопла – 0,4 мм.

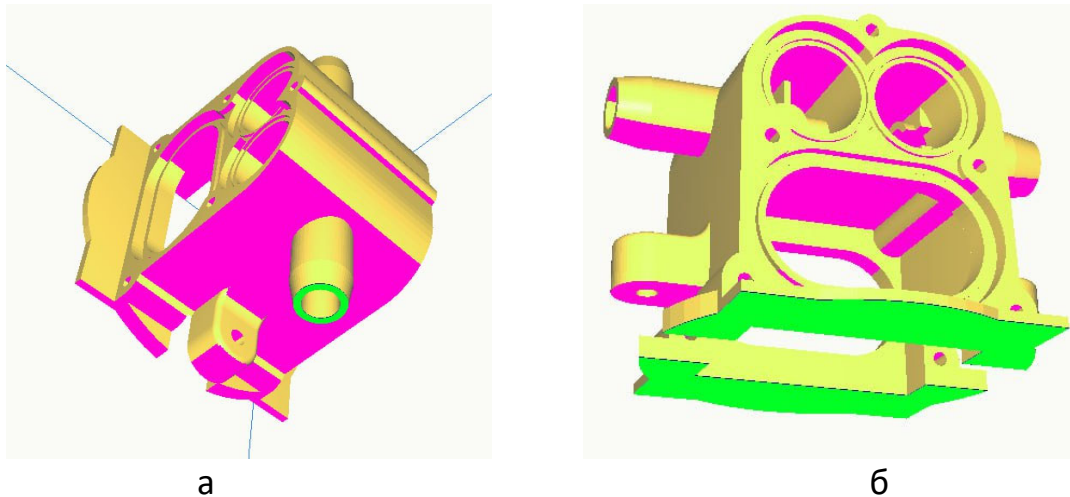


Рис. 3. – Орієнтація моделі під час формоутворення:

- а – вільна орієнтація з невеликою поверхнею примикання;
б – оптимізована орієнтація з найбільш можливою поверхнею примикання

Під час формоутворення екструдер рухається через площину x-y середовища побудови завдяки дії крокових двигунів. Маршрут друкуючої головки, який повністю контролюється комп'ютером, визначається як «шлях інструмента» і відповідає за осадження одного шару. Цей рух поєднується з z-переміщенням стадії побудови [4].

Після формоутворення механічно прибираються підтримуючі конструкції, обробляються отвори кріплення свердлом 3 мм і деталь кріпиться до виробу.

Висновки. У роботі було показано повний цикл відновлення елементів конструкції, а саме розробка 3D-моделі й програми формоутворення, відпрацьовано алгоритм прототипування та створення працюючих деталей. У ході роботи були використані такі інформаційні технології проектування як Autodesk Inventor Professional 2022 та Ultimaker Cura, а також адитивні машинами FDM-технології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Volk, M. Pump Characteristics and Applications. Third Edition / M. Volk. – New York: CRC Press, 2014. – 339 p.
2. Інженерні пластики для 3Д друку FDM. MonoFilament. URL: <https://monofilament.com.ua/ua/products/inzhinernye-plastiki> (дата звернення: 04.04.2023).
3. Kerr T. 3D Printing. Introduction to Accessible, Affordable Desktop 3D Printing / Tyler Kerr. – Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2022. – 183 p.
- Sola, A. Fused Deposition Modeling of Composite Materials / Antonella Sola, Adrian Trinch. – Australia: Elsevier Ltd., 2023. – 466 p.

УДК 623-4

РОЗРОБКА ВИБУХОСТІЙКОГО СМІТТЄВОГО КОНТЕЙНЕРУ ДЛЯ ГРОМАДСЬКИХ МІСЦЬ

С.О.Федоряченко¹, І.М. Мацюк², В.С. Полюхович³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: fedoriachenko.s.o@nmu.one

²кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: matsiuk.i.m@nmu.one

³студент групи 132-20ск-2, e-mail: artpoluhovich@gmail.com

^{1,2,3}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. Стаття присвячена проектуванню вибухостійкого сміттевого контейнера для громадських місць. Розглянуто вимоги, яким повинен задовольняти контейнер для того, щоб вважатися антитерористичним, а також якими матеріалами і технологіями слід користуватися при його створенні. Наведені приклади існуючих антитерористичних сміттевих контейнерів, а також розглянуті можливі методи проектування і тестування на міцність і вибухостійкість.

Ключові слова: вибухостійкі сміттеві контейнери, сталь класу S355J2W+N, безпека людей, антитерористичні контейнери, вибухові навантаження.

DEVELOPMENT OF AN EXPLOSION-RESISTANT GARBAGE CONTAINER FOR PUBLIC PLACES

Serhii Fedoriachenko¹, Iryna Matsiuk², Vladyslav Polyukhovych³

¹PhD, Associate Professor, e-mail: fedoriachenko.s.o@nmu.one

²PhD, Associate Professor, e-mail: matsiuk.i.m@nmu.one

³Student of group 132m-19, e-mail: artpoluhovich@gmail.com

^{1,2,3}Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The article is devoted to the design of an explosion-proof garbage container for public places. The requirements that a container must meet in order to be considered anti-terrorist, as well as what materials and technologies should be used in its creation, are considered. Examples of existing anti-terrorist garbage containers are given, as well as possible methods of design and testing for strength and explosion resistance are considered.

Keywords: explosion-proof garbage containers, steel class S355J2W+N, people's safety, anti-terrorist containers, explosive loads.

Вступ. Сміттєві контейнери - невід'ємна частина міської інфраструктури. Вони використовуються повсюдно, від багатоквартирних будинків до торгових центрів і паркових зон. Але з розвитком терористичних загроз в останні роки стало очевидно, що сміттєві контейнери можуть бути використані для терористичних актів у громадських місцях. Такі контейнери можуть містити вибухові речовини, розміщені всередині або прив'язані до них [1].

Антитерористичні сміттєві контейнери стали популярним вирішенням проблеми терористичних загроз у міському середовищі [2]. Вони являють собою контейнери, створені з використанням спеціальних технологій і матеріалів, що забезпечують вибухостійкість [3].

У даній статті розглянуто вимоги до антитерористичних сміттєвих контейнерів, приклади існуючих рішень, методи їх проектування та тестування.

Мета роботи полягає у розробці проєкту вибухостійкого сміттєвого контейнера для використання в парковій зоні. Вивчено питання існуючих антитерористичних сміттєвих контейнерів, проведено аналіз вимог до сміттєвих контейнерів у паркових зонах, обрано оптимальні матеріали та методи проектування, а також розроблено технічні характеристики вибухостійкого сміттєвого контейнера.

Матеріал і результат досліджень. Під час дослідження розглянуто різні матеріали для створення вибухостійкого сміттєвого контейнера, такі як вуглеволокно, склопластик і сталь класу S355J2W+N. Виявлено, що для створення сміттєвого контейнера, здатного витримати вибух, найвідповіднішим матеріалом є сталь класу S355J2W+N, завдяки своїм високим показникам міцності, стійкості до впливу навколишнього середовища та вибухових навантажень [4].

Технічні характеристики сміттєвого контейнера визначено відповідно вимог до антитерористичних заходів та прийнятої в країні законодавчої бази. Запропоновано проєкт вибухостійкого сміттєвого контейнера, який відповідає всім необхідним вимогам і є безпечним та ефективним засобом для утилізації сміття в громадських місцях [5]. На рисунку 1 показано приклад антитерористичного сміттєвого контейнеру, який використовується в Україні.

Антитерористичний сміттєвий контейнер складається з наступних компонентів:

1. Корпус - це головний елемент контейнера, який слугує для зберігання сміття. Для створення корпусу можуть використовуватися різні матеріали, такі як сталь, алюміній, композитні матеріали та інші.
2. Кришка - призначена для захисту від предметів, що падають, і захищає вміст контейнера від атмосферних опадів. Кришки можуть бути зроблені з різних матеріалів, таких як сталь, алюміній або пластик.

3. Бічні панелі - виконані з тих самих матеріалів, що й корпус. Вони здатні захищати від деяких видів спрямованих вибухів.

4. Замок - забезпечує доступ тільки для тих, у кого є відповідний ключ. Як правило, замки використовуються для запобігання несанкціонованому доступу та протидії злому контейнера.

5. Кріпильні елементи - дають змогу контейнеру бути міцно закріпленим на землі.

6. Внутрішнє облицювання - захищає внутрішні поверхні контейнера від зносу і допомагає утримувати сміття всередині.

7. Система гасіння вибуху - необхідна для пом'якшення наслідків можливих вибухів усередині контейнера. Система може бути виконана різними способами, наприклад, шляхом встановлення спеціальних амортизувальних елементів.



Рис. 1. – Антитерористичний сміттевий контейнер

Представимо розрахунок вибухових навантажень. Для розрахунку вибухових навантажень на антитерористичний контейнер необхідно врахувати низку параметрів, таких як тип і масу вибухової речовини, відстань до цілі тощо [6].

Основна формула (1) для розрахунку вибухового навантаження на об'єкт має вигляд:

$$W = \rho V \rho / 2, \quad (1)$$

де W - вибухове навантаження, Дж;

ρ - густина вибухової речовини, кг/м³;

$V\rho$ - об'єм заряду, м³.

У розрахунках також необхідно враховувати коефіцієнти, які впливають на різні чинники, такі як відстань до цілі, кут падіння хвилі тиску, характеристики об'єкта тощо. Коефіцієнти можуть бути визначені за допомогою експериментальних даних або симуляцій у програмних комплексах.

Для конкретного проєкту антитерористичного контейнера з матеріалу S355J2W+N необхідно провести розрахунки з урахуванням конструктивних особливостей контейнера і можливих варіантів нападу.

Розрахунок вибухових навантажень це складний процес, що залежить від безлічі чинників, таких як тип вибухової речовини, її кількість, характеристики навколишнього середовища, відстань від вибуху тощо.

Однак, для деяких стандартних ситуацій можна навести орієнтовні дані щодо енергії вибуху залежно від кількості вибухової речовини. Для тротилу ці дані мають наступні значення:

- 200 грам тротилу: близько 0,6 МДж енергії;
- 500 грамів тротилу: близько 1,5 МДж енергії;
- 800 грамів тротилу: близько 2,4 МДж енергії;
- 1500 грамів тротилу: близько 4,5 МДж енергії.

Але слід розуміти, що ці дані є приблизними і можуть суттєво відрізнятися залежно від конкретних умов вибуху.

Виконаємо розрахунки вибухового навантаження на об'єкт. Наприклад, у разі використання 200 грамів тротилу, необхідно знати густину тротилу та об'єм вибуху. Припустимо, що щільність тротилу становить $1,6 \text{ г/см}^3$, а об'єм вибуху дорівнює $0,3 \text{ м}^3$. Отримані значення запишемо в ТНТ-еквіваленті - це міра сили вибуху, що порівнює його ефект із вибухом певної кількості тротилу (ТНТ). Ця міра дає змогу порівняти потужність різних вибухів, використовуючи тротил як стандарт. Наприклад, якщо вибух має силу, еквівалентну вибуху 1 тони тротилу, він матиме ТНТ-еквівалент 1 ТНТ.

Використовуючи формулу (1) розрахуємо вибухове навантаження:

- для 200 грамів тротилу: $W = (1,6 \cdot 0,3)/2 = 0,24$;
- для 500 грамів тротилу: $W = (1,6 \cdot 0,75)/2 = 0,6$;
- для 800 грамів тротилу: $W = (1,6 \cdot 1,2)/2 = 1,152$;
- для 1500 грамів тротилу: $W = (1,6 \cdot 2,25)/2 = 1,8$.

У результаті розрахунку отримано наступні значення вибухового навантаження:

- для 200 грам тротилу: $W = 2071,25 \text{ Дж}$;
- для 500 грам тротилу: $W = 5178,13 \text{ Дж}$;
- для 800 грам тротилу: $W = 8284 \text{ Дж}$;
- для 1500 грам тротилу: $W = 15514,06 \text{ Дж}$.

Таким чином, можна зробити висновок, що вибухова потужність значно збільшується при збільшенні кількості тротилу. Під час проектування антитерористичного контейнера необхідно враховувати можливе вибухове навантаження і підбирати матеріали та конструктивні рішення, які забезпечать необхідний ступінь захисту від вибуху.

Сталь S355J2W+N належить до категорії сталей з атмосферостійкістю і має гарну стійкість до атмосферної корозії. Вона широко використовується в будівництві, машинобудуванні та інших галузях промисловості [7]. У таблиці 1 показано основні характеристики стандартні вимоги до сталі S355J2W+N.

Таблиця 1 – Основні характеристики та стандартні вимоги до сталі S355J2W+N

Хімічний склад, %						
Вуглець (C)	Кремній (Si)	Марганець (Mn)	Мідь (Cu)	Хром (Cr)	Нікель (Ni)	Молібден (Mo)
0,16	0,50	0,50-1,50	0,25-0,55	0,50-1,25	0,65	0,25

Механічні властивості сталі S355J2W+N:

- Межа плинності – не менше 355 МПа;
- Межа міцності – 490-630 МПа;
- Подовження при розриві – не менше 22 %;
- Згинання при розриві – не менше 2,5 товщин.

Сталь S355J2W+N часто використовується в промисловості для виробництва різних металевих конструкцій, які будуть експлуатуватися в умовах впливу корозійних факторів. Сталь S355J2W+N зазвичай застосовується в галузях, які описані далі. Виробництво мостів та інших інфраструктурних об'єктів, які розташовані поблизу моря або в регіонах з високою вологістю повітря. Будівництво будівель, фасадів і дахів, які повинні витримувати сильні вітри та інші природні впливи. Виробництво різних металевих конструкцій, таких як вежі вітроелектростанцій, несучі конструкції для нафтових і газових платформ. Виготовлення контейнерів, баків та інших ємностей, які будуть експлуатуватися в умовах високої вологості та солоності. Виробництво морських суден і суднових конструкцій. Виробництво легкових і вантажних автомобілів, а також іншої транспортної техніки [8].

Сталь S355J2W+N відповідає наступним стандартам [9]: EN 10025-5: Технічні умови для конструкційних сталей з атмосферостійкістю та EN 10155: Технічні умови для сталевих виробів з атмосферостійкістю.

Сталь S355J2W+N може бути оброблена методами різання, згинання, прокату, свердління, шліфування та іншими механічними методами обробки. Для зварювання сталі S355J2W+N рекомендується використовувати методи TIG, MIG або MAG, а також електродугове зварювання із захисним газом. Під час зварювання слід враховувати особливості сталі та стежити за правильною температурою і швидкістю нагріву та охолодження.

Висновок. У статті розглянуті питання розробки та тестування антитерористичного сміттевого контейнера для громадських місць, що відповідає вимогам вибухозахисту та забезпечує безпеку навколишнього середовища та людей. Як матеріал для контейнера було обрано сталь класу S355J2W+N, що має високу міцність та вибухостійкість. Для розрахунку вибухових навантажень використовували відповідні формули і методи проєктування.

Розроблений контейнер може бути використаний у різних громадських місцях, таких як парки, площі та туристичні зони, де є потенційна загроза терористичних актів. Такі контейнери можуть суттєво зменшити ризики та мінімізувати збитки від можливих вибухів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антитерористичні сміттеві контейнери: характеристики та виробництво: <https://promzdorovie.ru/sanitarno-gigienicheskie-izdeliya/antiterroristicheskie-musornye-kontejnery-kharakteristiki-i-proizvodstvo.html>
2. "Design and Experimental Evaluation of an Innovative Anti-Terrorism Waste Container" by F. Parisi, G. Sciumè, and A. Di Graziano (2019). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919301427>
3. "Design and Performance Evaluation of an Anti-Terrorism Waste Container Using Numerical Simulations" by K. Lee, J. Lee, and J. Koo (2017). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263237316313711>
4. EN 10025-5 клас S355J2W високоякісної сталі S355J2W <http://ru.marinesteels.com/corten-steel/en-10025-5-grade-s355j2w-high-quality-steel.html>
5. "Assessment of the Blast Resistance of Anti-terrorism Trash Receptacles" by M. El-Tawil, S. Selim, and W. Blaszak (2013). <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784412623.028>
6. Сміттеві контейнери, стійкі до вибухів: https://trashbox.ru/topics/118290/musornye_kontejnery_ustojchivye_k_vzryvam
7. "Blast-resistant design of trash cans using finite element analysis" by S.M. Razavi and M. Ghasemi (2019). <https://link.springer.com/article/10.1007/s00158-018-2106-3>
8. "Development and evaluation of a prototype anti-terrorism waste bin" by W.B. Grant, D.R. Cormie, and D.H. Smith (2012). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088677981200043X>
9. Стандарти вибухозахисту сміттевих контейнерів: <http://xn--d1aba8ap.xn--p1ai/standardy-vzryvozashchity-musornykh-kontejnerov/>

УДК 658.512.2

ІННОВАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДЕКИ ЕЛЕКТРОСАМОКАТУ

О.В. Федоскіна¹, Ю.В. Саломатина²

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: fedoskina.o.v@nmu.one

²магістр за спеціальністю 132 Матеріалознавство, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: salomatina.y.v@nmu.one

Анотація. У роботі виконано розробку дизайнерського концепту, створення інноваційної конструкції деки електросамоката та її розрахунок, що дозволило отримати необхідну інформацію щодо вибору матеріалу.

Ключові слова: електросамокат, дека, розрахунок міцності, вибір матеріалу

INNOVATIVE MODEL OF DECK ELECTRIC SCOOTER

O.V. Fedoskina¹, Y.V.Salomatina²

¹Ph.D., Associate Professor, e-mail: fedoskina.o.v@nmu.one

²Student, e-mail: salomatina.y.v@nmu.one

^{1,2}Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The work involved the development of a design concept, the creation of an innovative design of the deck of an electric scooter and its calculation, which made it possible to obtain the necessary information regarding the choice of material.

Keywords: electric scooter, deck, calculation of strength, choice of material.

Вступ. Транспорт з давніх часів відігравав дуже важливу роль в суспільстві, тому постійно вдосконалювався та конструктивно змінювався. Стрімкий розвиток техніки, зростання потужності машин призводить до збільшення обсягів споживання енергоресурсів, більшість з яких є невідновлювальними. Актуальним стає використання при розробці транспортних засобів альтернативних джерел живлення, використання яких не завдає шкоди навколишньому середовищу. Одним з таких джерел є електрична енергія, яка легко перетворюється в інші види енергії (механічну, теплову і т.ін.). В теперешній час одним із надзвичайно популярних, особливо у великих містах, транспортних засобів стає електросамокат [1], який надає можливості відносно швидкого пересування на невеликих відстанях, не викликає складнощів у застосуванні та не вимагає водійських прав, але потребує вдосконалення окремих елементів.

Мета роботи полягає у розробці метода розрахунку і створенні інноваційної конструкції деки електросамокату.

Матеріали і результати досліджень. Використання сучасною людиною різних видів транспортних засобів, зокрема і електричних самокатів також, породжує безліч проблем, що стосуються різних сфер суспільства і довкілля. Однією з таких проблем є високий ступінь травматизму[2,4]. Хоча виробники й пропонують різноманітні конструкції, які розрізняються за розмірами та можливостями, найважливішою частиною електросамокату являється дека[3], оскільки вона несе основну вагу водія, а також впливає на положення водія при користуванні транспортним засобом, найбільш розповсюдженими з яких є положення «нога за ногою» та «нога поряд з ногою».

Для створення більш комфортної та безпечної для користувача моделі-перевагу варто надавати розширеному варіанту деки, що забезпечить надійне та стабільне кріплення аксесуарів та надасть можливість постановки обох ніг на платформу. Також при розробці дизайнерського рішення варто враховувати такі фундаментальні принципи конструювання, як функціональна доцільність, технологічність виробу, надійність, безпечність. Таким чином, ключове завдання концепції полягає саме в тому, щоб сформулювати більш якісне та повне розуміння того, як може виглядати дизайнерське рішення.

Перший етап розробки концепту починається з аналітики задля того, щоб сформулювати візуальне поняття вигляду для майбутнього об'єкту. Розробка концепту відбувалась у декілька етапів, від загальної ідеї до більш детальної розробки конструкції з урахуванням багатьох факторів (ергономічних, технологічних, безпекових). На рисунку 1 зображено деякі елементи розробки концептів.

Скориставшись положеннями технічної біоніки, для остаточної розробки концепту (рис.2) за основу було взято структуру та ергономічні властивості форми морського скату (рис.3). Оскільки дизайнерському об'єкту притаманна гармонія між ідеєю, структурою та користю, було додано зовнішній радіатор для охолодження, який розташований на зворотній стороні деки, а для його захисту від падіння - бокові обмежувачі.

В подальшому на базі розробки дизайнерського концепту за допомогою програмного продукту Autodesk Fusion 360 створена модель електросамокату (рис 4,5) з інноваційною декою.

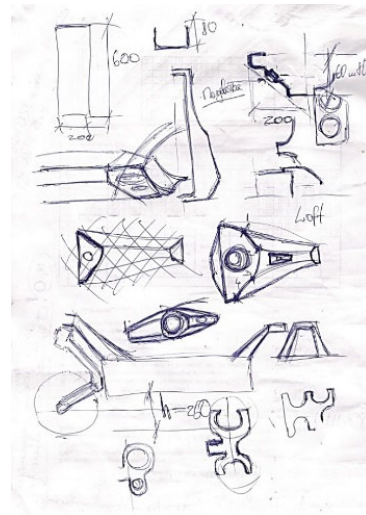
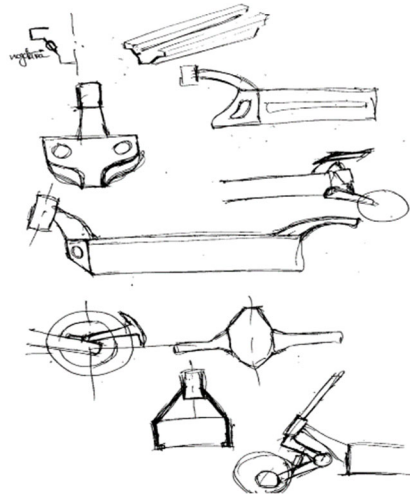


Рис.1. - Елементи розробки концептів

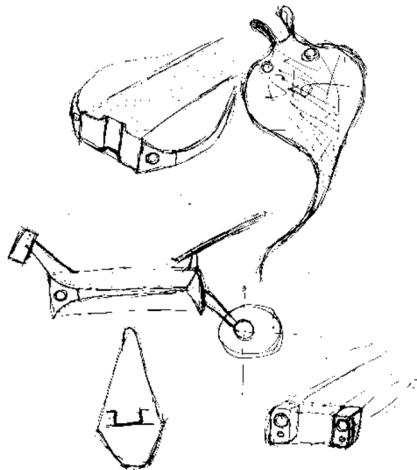


Рис.2. – Остаточний вигляд концепту



Рис. 3. – Форми морського скату

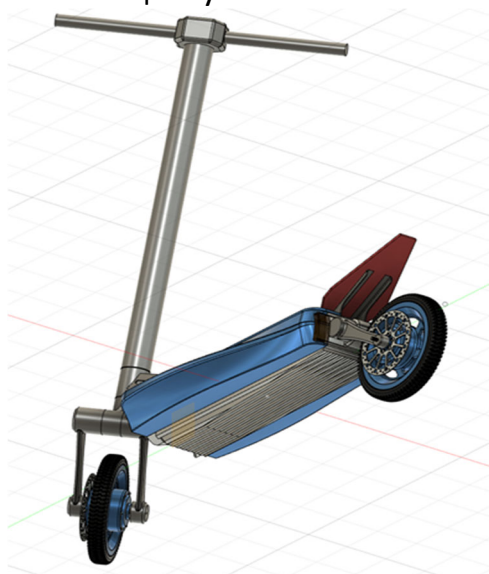


Рис. 4. - Вид знизу

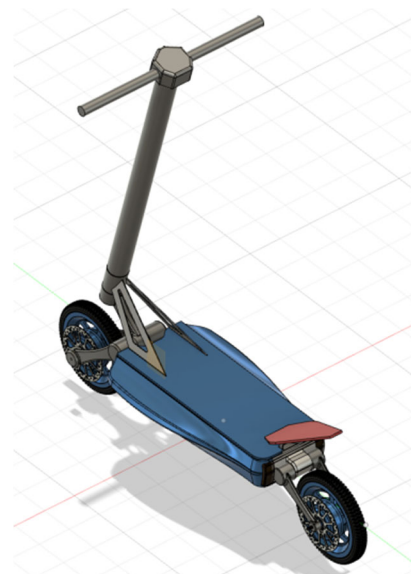


Рис. 5. - Вид зверху

Конструктивна розробка рами відбувалась з використанням інструменту Section Analysis, що дозволило перейти від абстрактної ідеї дизайнерського концепту до реалістичного вигляду опорної частини (деки) самоката (рис.6).

При створенні силових елементів дуже важливим питанням є вибір матеріалу. В даному випадку він повинен одночасно відповідати критеріям міцності, оскільки рама є пересувною опорою для людини, та мати відносно невелику вагу, аби забезпечити можливість перенесення самокату в деяких випадках, наприклад для подолання непроїзних частин шляху, транспортування на поверх, в потяг і т.ін.

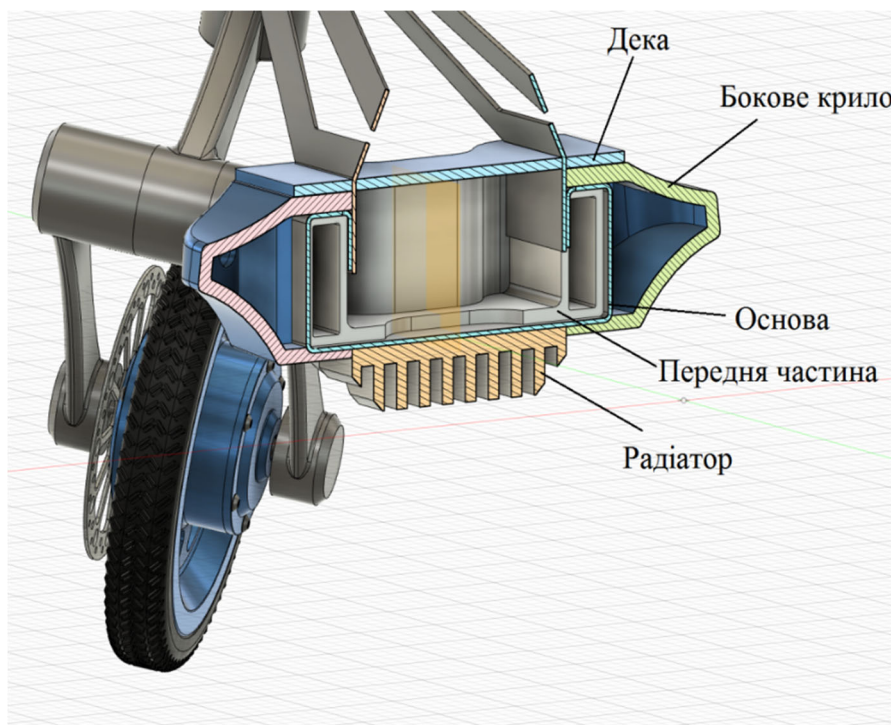


Рис. 6. – Переріз рами

Для виготовлення рами були обрані наступні матеріали: основа із листової сталі 30ХМ (AISI 4130), а бокові крила, передня частина та дека, які мають складну форму, зі сплаву алюмінію 6061.

Характеристики міцності деки досліджувалися за допомогою сучасних інструментів програми Fusion 360, для чого була створена відповідна модель (рис.7). Розрахункове навантаження складало 1500Н. Згідно наведених на рис. 8 результатів дослідження міцності деки видно, щовідбулось зміщення на 0,3504 мм, що цілком задовольняє умовам пружноїдеформації, а це в свою чергу означає, що після зняття навантаження дека повертає свою форму.

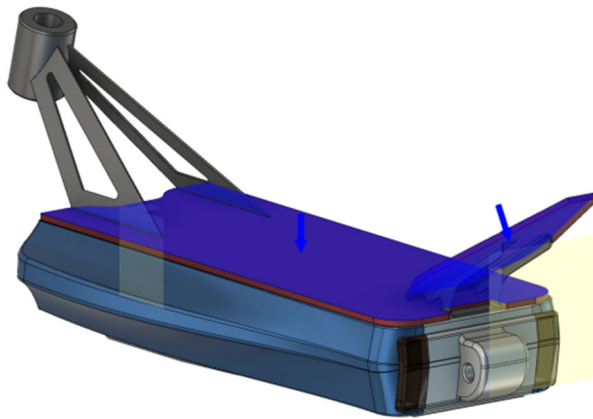



Рис. 7. – Модель деки

Зміщення
 Всього
 [мм] 0  0,3504

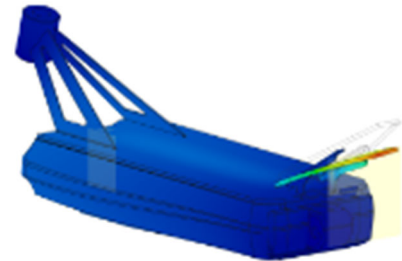


Рис. 8. – Результати дослідження міцності деки

Висновки. Інноваційна модель деки з розширеною опорною поверхнею знижує можливість травматизму, підвищує комфорт і може бути використана при розробці нових конструкцій електросамокатів.

Підібрані конструктивні матеріали та методика розрахунку обґрунтовують можливість використання електросамокату з інноваційною декою користувачем вагою до 150 кг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Barbara Laaand Ulrich Leth. Survey of e-scooter users in Vienna: Who they are and how they ride./ Barbara Laaand Ulrich Leth // Journal of transport geography. – 2020. -vol. 89.
2. Qingyu Ma. E-scooter safety: The riding risk analysis based on mobile sensing data./Qingyu Ma, Hong Yang, Alan Mayhue, Yunlong Sun, Zhitong Huang, Yifang Ma. // Accident Analysis & Prevention. -2021 - vol. 151.
3. Michelangelo-Santo Gulino Comfort assessment for electric kick scooter decks. / Michelangelo-Santo Gulino, Giulio Vichi, Giovanni Zonfrillo, Dario Vangi // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. -2022 - vol.1214
4. Kleinertz H. Risk factors and injury patterns of e-scooter associated injuries in Germany / Kleinertz H. et al. //Scientific reports. – 2023. – vol. 13.

УДК 331.101.1

ДО ПИТАННЯ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ЕРГОНОМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НОЖИЦЬ КРАВЕЦЬКИХ «SOLGERN №8»

Д.О. Довгаль¹, М.О. Казакова²

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

²студентка групи 132-20ск-2, e-mail: kazakova.m.o@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі проаналізовано характер взаємодії поверхонь кілець рукояті ножиць кравецьких з поверхнею кисті руки людини, визначено розподіл зусиль на поверхнях контакту, виконано ергономічний аналіз. Запропоновані напрямки подальшої зміни поверхонь кілець рукоятей ножиць з метою поліпшення їх ергономічних характеристик.

Ключові слова: різання тканини, кравецькі ножиці, рукояті ножиць, ергономічний аналіз.

THE TASK OF IMPROVING THE ERGONOMIC CHARACTERISTICS OF TAILOR'S SCISSORS SOLGERN #8

Denis Dovhal¹, Maria Kazakova²

¹Ph.D., Associate Professor, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

²Student, e-mail: kazakova.m.o@nmu.one

^{1,2}Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The article analyzed the interaction nature of the handle rings surfaces of tailor's scissors with the surface of the human hand, determined the distribution of forces on the contact surfaces, and performed an ergonomic analysis. Proposed directions for further changes to the surfaces of the scissor handle rings in order to improve their ergonomic characteristics.

Keywords: fabric cutting, tailor's scissors, scissor handles, ergonomic analysis.

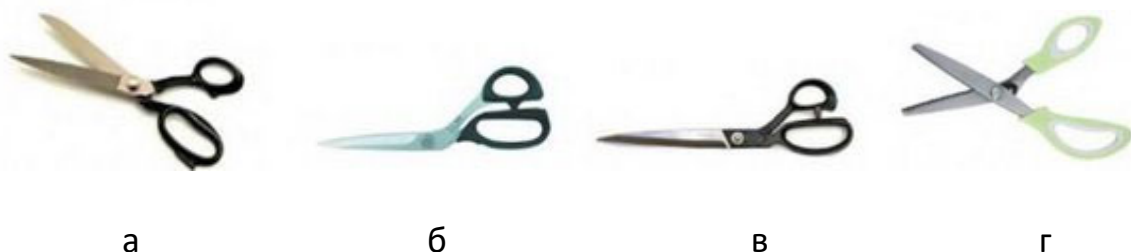
Вступ. Розкрій тканини в кравецькій справі неможливий без використання спеціального різального інструменту. Найрозповсюдженіший та найуніверсальніший інструмент – кравецькі ножиці. На сьогодні існує багато типів кравецьких ножиць. Кравці використовують ножиці для розрізання тканини протягом 80-90% робочого часу. Тому в цій ситуації ергономіка ножиць вкрай важлива. Від того, наскільки модель ножиць правильно пристосована до форми пальців та кисті людини залежить зручність та ефективність виконання роботи кравцем. Але не всі ножиці забезпечують комфортну роботу

під час різання, а інколи можуть навіть призводити до мозолів, онімінь, набряків та порушення роботи кистьового апарату фахівця.

Отже, питання дослідження і покращення ергономічних показників кравецьких ножиць є вкрай актуальним.

Мета роботи: полягає в аналізі ергономічних показників кравецьких ножиць та визначенні шляхів їх поліпшення.

Матеріал і результат досліджень. На сьогодні для різання тканини існує велике розмаїття типів та конструктивних варіантів кравецьких ножиць. Основні конструкції кравецьких ножиць наведені на рис. 1.



а - закрійні ножиці, б - ножиці із вигнутими ручками,
в - ножиці для шкіри, г - зубчаті ножиці

Рис. 1. - Основні типи ножиць кравецьких

Різання різних типів тканини супроводжується відповідно докладанням різних зусиль. Під час передачі зусилля відбувається взаємодія між поверхнями кисті руки кравця і рукояті ножиць. Саме в цей час і виникає багато незручностей, пов'язаних з ергономічністю конструкції рукояті ножиць.

Крім обмеженостей в різанні типів матеріалу, кожна з наведених на рис.1 моделей має свої переваги та недоліки, у тому числі з точки зору ергономіки.

Проаналізувавши існуючі типи ножиць, в якості об'єкта дослідження була обрана класична модель кравецьких ножиць - «SOLGERN №8» (рис. 2). Конструкція даних ножиць – проста, універсальна та популярна серед кравців. Як показав досвід експлуатації, дана модель ножиць є довговічною та надійною, а мінімальна кількість елементів сприяє легкості виготовлення даної конструкції [1]. Простота та мінімалізм конструктивної реалізації даної моделі робить її універсальною, такою що підходить для вирішення більшості завдань кравця. Вартість даної моделі ножиць – середня серед аналогів, ближча до нижньої межі.



Рис. 2. - класична модель кравецьких ножиць «SOLGERN №8»

На рис. 3 наведена схема деталей та елементів обраної моделі кравецьких ножиць:

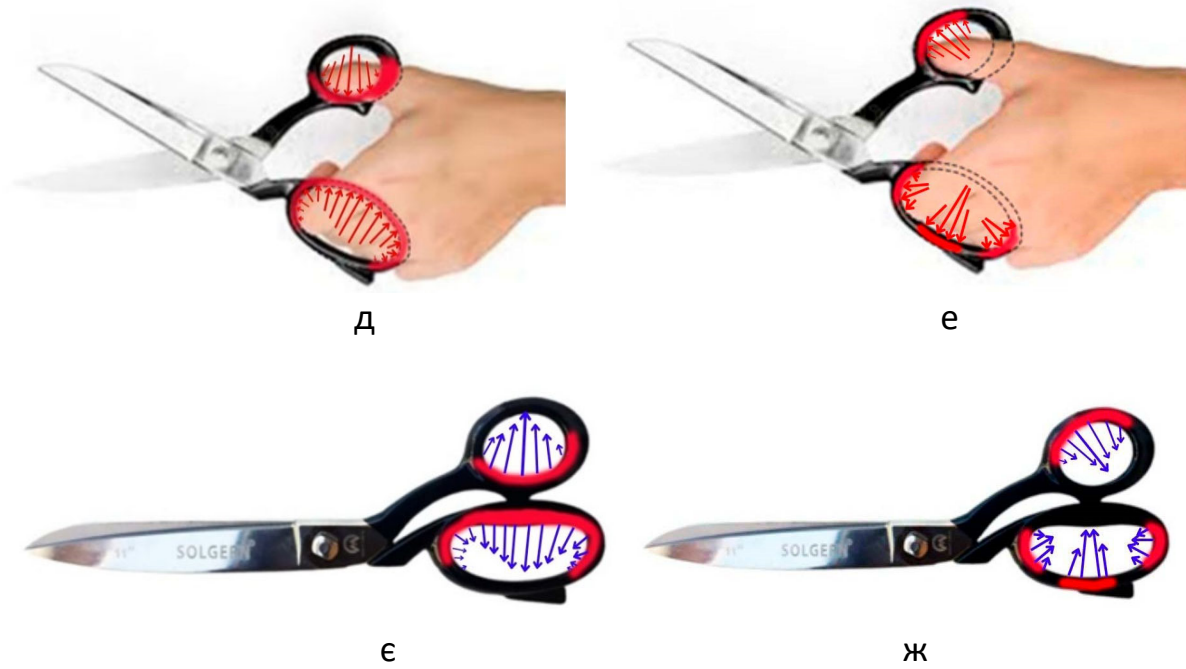


Рис. 3. – Схема деталей та елементів кравецьких ножиць «SOLGERN №8»

Далі проведемо короткий ергономічний аналіз кравецьких ножиць «SOLGERN №8».

Для виявлення характеру взаємодії поверхонь верхнього і нижнього кілець рукояті ножиць з поверхнею кисті руки було проведено експериментальні ергономічні дослідження з виділеною областю дотику внутрішніх частин тороподібних поверхонь верхнього і нижнього кілець до пальців людини (Рис.4).

Далі наведемо аналіз елементів складових частин ножиць, які мають ергономічне значення під час експлуатації (табл.1).



- а - схема дотику поверхонь ножиць і руки при стисканні,
- б - схема дотику поверхонь ножиць і руки при розтисканні
- в – поверхні контакту при стисканні
- г - поверхні контакту при розтисканні

Рис. 4. – Схема взаємодії кісті руки з поверхнями рукоятей і розподіл відповідних навантажень у процесі різання

Табл. 1. – Ергономічний аналіз складових кравецьких ножиць «SOLGERN №8»

Складова	Аналіз елементів
Суцільна частина ножиць 1	Отвір верхнього кільця для великого пальця – достатньо ергономічний (за умови використання ножиць правою рукою), розмір отвору – не потребує зміни. Зовнішня частина тороподібної поверхні верхнього кільця потребує зміни форми в напрямку збільшення радіусу кривини відповідно до розподілу зусиль, які прикладаються під час різання (Рис. 4). Обмежувач, що фіксує амплітуду ножиць розташований у зручному місці та не потребує доробки.
Суцільна частина ножиць 2	Нижнє кільце ножиць має замалий розмір, що спричиняє перенапруження пальців кравця, стискає їх, а в деяких випадках унеможлиблює використання. Внутрішня частина тороподібної поверхні кільця потребує збільшення. Кут входження пальців недостатньо ергономічний. Занадто округ-

лені краї форми внутрішньої частини отвору, дають нерівномірне розподілення напруження між пальцями, що спричиняє перевантаження середнього пальця та стиснення вказівного і безіменного пальцю. Це призводить до набряку та дискомфорту в роботі.

Елемент підтримки, розташований на нижньому кільці ножиць не є необхідною функціональною частиною, і не додає зручності, вводить кисть у неприродне положення та втомлює руку. Доцільне видалення даного елемента.

Висновки. За результати проведеного аналізу встановлено, що:

1. Ергономічні характеристики кравецьких ножиць під час експлуатації мають вкрай важливе значення та впливають на працездатність кравця, зручність і ефективність його роботи.

2. Модель кравецьких ножиць «SOLGERN №8» є найбільш універсальною та перспективною з точки зору поліпшення ергономічних показників.

3. Поверхні контакту рукоятей ножиць та кисті кравця не в достатній мірі забезпечують зручність їх використання та потребують зміни.

4. Характер розподілу зусиль під час експлуатації ножиць дає можливість змодельовувати більш ергономічні поверхні верхнього і нижнього кільця рукоятей.

Перспектива подальших досліджень полягає у створенні ергономічних поверхонь кілець рукоятей ножиць, які забезпечать більш комфортне різання, як в режимі стискання так і розтискання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Єжова О. В., Гур'янова О. В., Технологія оброблення швейних виробів: Навчальний посібник /– Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2013. – 236 с. URL: https://phm.cuspu.edu.ua/images/doc/navch_material/ezova/3.pdf (дата звернення: 20.04.2023).

2. Textilepedia. Fashionary. URL: <https://fashionary.org/products/textilepedia> (date of access: 20.04.2023).

3. Розкроювання швейного виробу » Народна Освіта. Народна Освіта. URL: <https://narodna-osvita.com.ua/6254-rozkroyuvannya-shveynogo-virobu.html> (дата звернення: 20.04.2023).

УДК 004.032.26

PROSPECTS OF USING A CONVERSION NEURAL NETWORK TO PREVENT TRAFFIC ACCIDENTS IN A POPULAR POINT

Serhii Yevdokymov¹, Volodymyr Taranushchenko²

¹magister Kherson State University, e-mail: serge.evdokimov2015@proton.me

²teacher of "Svitlofor" driving school, e-mail: vladimirpt50@gmail.com

^{1,2}Kherson, Ukraine

Abstract. This article examines the possibilities of artificial neural networks for the probable avoidance of motor vehicle drivers from traffic accidents, testing was carried out in a populated area.

Keywords: data analysis, statistics, modeling, convolutional neural network; traffic safety, photo-video recording complex, road parameters, safety.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ДТП В НАСЕЛЕНОМУ ПУНКТІ

С. Євдокимов¹, В. Таранушченко²

¹магістр Херсонського державного університету, e-mail: serge.evdokimov2015@proton.me

²викладач автошколи "Світлофор", e-mail: vladimirpt50@gmail.com

^{1,2}Херсон, Україна

Анотація. У статті розглядаються можливості штучних нейронних мереж для ймовірного уникнення дорожньо-транспортних пригод, тестування проводилося в населеному пункті.

Ключові слова: аналіз даних, статистика, моделювання, згорточна нейронна мережа, безпека руху, комплекс фото-відео фіксації, параметри доріг, безпека.

Introduction. Judging by the growing number of publications from companies professionally engaged in the prevention of traffic accidents and emergency situations, great importance is attached to the solution of this task. Therefore, preparation of this issue is relevant for specialists of various profiles. In particular, the problem of identifying the factors of the probable danger of road accidents is one of the most difficult tasks in the field of information technologies due to a wide variety of distortions, such as different expressions of the environment, shooting conditions, etc. To solve this problem, it is effective to use neural networks due to the fact that they are weakly sensitive and have a high recognition speed.

A convolutional neural network (CNN, ConvNet) is a class of forward propagation deep artificial neural networks that has been successfully applied to the analysis of visual images [1].

As part of this work, a study of the influence of various factors on the number of administrative and criminal offenses in the field of traffic was conducted. Statistical data on offenses and traffic accidents in Ukraine and some countries of the European Union were analyzed. Accordingly, the following factors are highlighted:

- traffic intensity;
- road visibility characteristics (slopes, turns);
- condition of the road, purpose of the road;
- availability of markings, width and number of lanes;
- additional speed limits in this section;
- weather conditions, time of day and seasonality;
- distance from the settlement.

Tasks that are solved to achieve the set goal:

1. Study of existing neural-based software tools network for the prevention of road accident incidents.
2. Study of existing methods of building "Smart City" systems.
3. Selection of devices, hardware, software.
4. Development of algorithms for managing the operation of objects.
5. Implementation of the developed algorithms on the selected software.

To develop this project, it is necessary to follow the structure of the convolutional neural network for the automation system. This architecture represents a sequence of convolution layers, which first reduce the spatial resolution of the image, and then increase it, having previously combined with the data and passed through other convolution layers.

The essence of the method proposed in the work, the method is intended for management in an emergency situation of TK. is that after accumulating information about the incoming traffic situation for a few time cycles from various sources, and the formation of correspondence, the classification of the situation is carried out - its assignment to the appropriate category.

In order to check the efficiency of the method, the overtaking situation was simulated on a two-lane road, where overtaking is carried out with an exit to the lane of oncoming traffic. When modeling using the TensorFlow neural network, two layers of `tf.keras.layers` were used. `Dense`. Training was conducted in 5 stages (Figure 2).

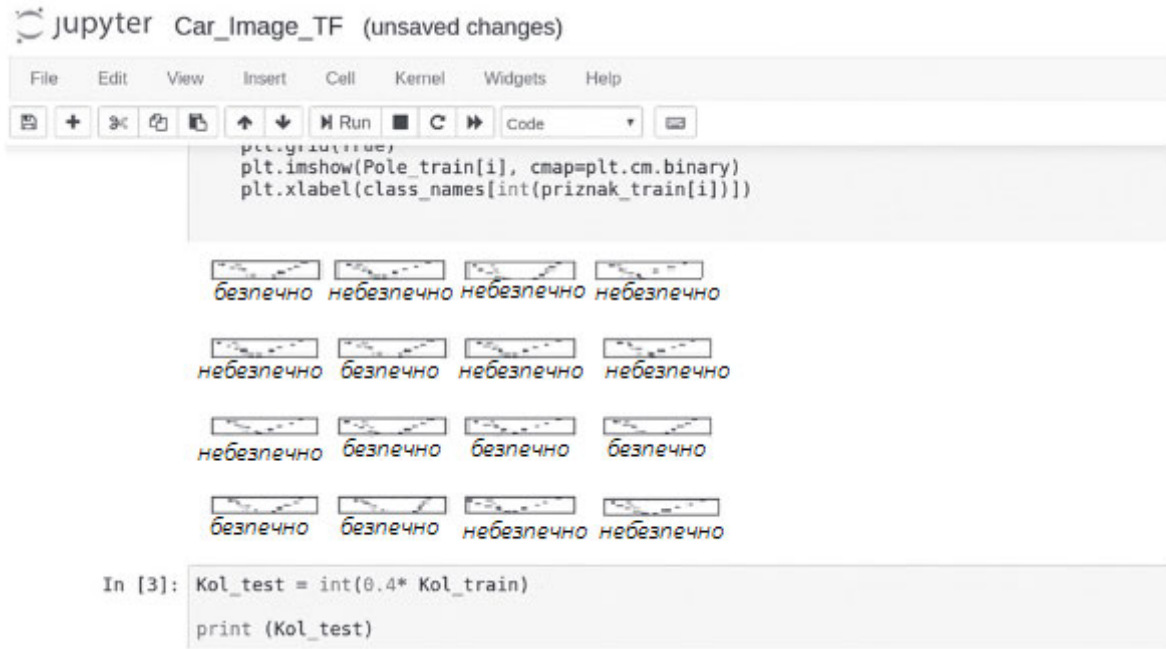


Figure 1 – A fragment of a program in Jupyter Notebook. Generation of sets of states

```

Epoch 1/5
12000/12000 [=====] - 1s 74us/step - loss: 0.1554 - acc: 0.9353

Epoch 2/5
12000/12000 [=====] - 0s 30us/step - loss: 0.1103 - acc: 0.9544

Epoch 3/5
12000/12000 [=====] - 0s 30us/step - loss: 0.1076 - acc: 0.9545

Epoch 4/5
12000/12000 [=====] - 0s 31us/step - loss: 0.1052 - acc: 0.9552

Epoch 5/5
12000/12000 [=====] - 0s 30us/step - loss: 0.1036 - acc: 0.9550

Out[4]: test_loss, test_acc = model.evalute(test_images, test_labels)
print('Test accuracy: ', test_acc)

4800/4800 [=====] = 0s 16us/step
Test accuracy: 0.9597926666666667
    
```

Figure 2 – The result of the simulation on the detection of emergency dangerous situation in Python

The accuracy of recognizing an emergency situation when overtaking was approximately 0.92. The assessment of the speed of solving the problem, which was presented in the work, was not carried out, since at this stage such an assessment is temporary. Therefore, the use of a convolutional neural network to



process information [2] about the road situation allows for the detection of road accidents, and the integration of such an algorithm in car control systems can prevent road accidents.

The **conclusions** and recommendations of the work can be concretely implemented in the activities of state institutions of the Main Directorate of the National Police of Ukraine, the Department of Patrol Police of the National Police of Ukraine, as well as in private organizations, in terms of proposals for the implementation of the enterprise activity management system in the context of ensuring its competitiveness.

In particular, in conclusion, it should be noted that no software, hardware, or other solutions can ensure absolutely reliable continuity of data transmission in neural networks. At the same time, reducing the risk of losses to a minimum is possible only with a comprehensive approach to issues. Therefore, the use of a complex neural network for processing information about the traffic situation allows to detect accidents, and the integration of such an algorithm in car handling systems can save accidents [3]. The conducted experiment showed a perspective and opens up new opportunities for the development of fast, compact, energy-independent artificial intelligence systems. In the future, based on this topic, there are prospects for developing software, as part of additional research on the expansion and improvement of neural network learning.

REFERENCES

1. Cremer M., Ludwig J. A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations // *Mathematics and Computers in Simulation*. 1986. V. 28. N 4. P. 297–303. doi: 10.1016/0378-4754(86)90051-0
2. Dai J., Li Y., He K., Sun J. R-FCN: Object detection via region-based fully convolutional networks // *Proc. 30 th Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2016)*. P. 379–387
3. Alvarez I., Poznyak A., Malo A. Urban traffic control problem via a game theory application // *Proc. 46th IEEE Conference on Decision and Control (CDC 2007)*. 2007. P. 2957–2961. doi: 10.1109/CDC.2007.4434820

УДК 658.512

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕРГОНОМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕЙМПАДУ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ГАДЖЕТІВ

Т.О. Письменкова¹, Т.Є. Лісничка²

¹кандидат педагогічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

²студент групи 132-19-2, e-mail: lisnycha.t.y@nmu.one

^{1,2}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі проаналізовано вплив ергономічних параметрів геймпаду, під час активної гри, на гаджет та запропоновано вирішення проблеми негативного впливу.

Ключові слова: геймпад, мобільний телефон, взаємодія гаджет та геймпад, система охолодження, Fusion 360.

IMPROVING THE ERGONOMIC PROPERTIES OF THE GAMEPAD FOR MOBILE GADGETS

Tetiana Pismenkova¹, Tetiana Lisnycha²

¹PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

²student, e-mail: lisnycha.t.y@nmu.one

^{1,2}Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper analyses the impact of the ergonomic parameters of the gamepad during active play on gadget and proposes a solution to the problem of negative impact.

Keywords: gamepad, joystick, mobile phone, gadget-gamepad interaction, cooling system, Fusion 360.

Вступ. Індустрія інтерактивних розваг породила не тільки безліч ігор, а ще й велику кількість девайсів до них. Світова ігрова індустрія залучає захоплену іграми публіку вже не лише кількістю терафлопс або підтримкою 4K у свіжих релізах: конкуренти борються на терені ексклюзивів, зручності та вартості своїх систем. І якщо на комп'ютері для реалізації ігрових завдань є клавіатура та миша, то для мобільної ігрової консолі геймпад – єдиний елемент взаємодії [1]. Смартфони останнього покоління стають все далі повноцінними пристроями для ігор, а для більш комфортної гри зростає попит на мобільні ігрові девайси. Але висока динаміка та деталізація процесів багатьох ігор, вимагає від електронних систем смартфону максимальної продуктивності, що супроводжується інтенсивним нагрівом всієї системи телефону та геймпаду, наслідком цього може стати зниження продуктивності роботи обох гаджетів і в найгіршому випадку їх вихід з ладу.

Мета роботи полягає в удосконаленні ергономічних властивостей існуючої моделі геймпаду для подовження терміну його експлуатації.

Матеріал і результат досліджень. На теперішній час існує багато варіантів конструкцій геймпадів, які задовольняють різноманітні потреби користувачів. По суті вони відрізняються формою, дизайном, кріпленням для смартфона (рис. 1.).



Рис. 1. – Модель геймпаду – iPega 9023 (а) і iPega 9083 (б)

Але деякі ергономічні особливості конструкції геймпаду, впливають на технічний стан мобільного телефону під час його активного використання разом з геймпадом.

Проаналізувавши існуючі моделі геймпадів, було вибрано в якості об'єкта модель геймпаду – iPega 9083. Оскільки він більш функціональний у використанні: форма рукояток зручна для тримання та підходить для середнього і великого розміру кистей рук, має більший діапазон діагоналі. Конструкція геймпаду – проста та не потребує великих затрат у матеріалі під час виробництва, а його частини можливо утилізувати з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Вартість моделі знаходиться в середньому діапазоні кошторису.

В таблиці 1 наведено аналіз конструкції геймпаду з позиції ергономічних властивостей які впливають на технічний стан мобільного телефону під час гри.

Як показали результати проведеного функціонального аналізу суттєвим недоліком конструкції цієї моделі геймпаду є суцільна задня панель геймпаду, в якій відсутні отвори або система охолодження, для виведення тепла яке виробляється від роботи системи смартфона, через це перегріваються обидва гаджети (рис. 2.).

Таблиця 1. – Функціональний аналіз геймпаду

Складова	Функція
Бокові панелі	<p><i>Конструкційно-ергономічна</i> – для зручного утримання девайсу в руках та комфортного розташування кнопок, стиків, отворів, наприклад, для різноманітних портів.</p> <p><i>Захисна</i> – захист внутрішньої складової девайсу від зовнішнього впливу – тиску, забруднення і тд, та захист користувача девайса від внутрішньої складової – струм, підвищення температури, гострі кути деталей і т.п.</p> <p><i>Естетична</i> – зовнішній вигляд, дизайн та колір девайсу.</p>
Тримачі	<p><i>Ергономічна</i> – використовується для тримання телефону.</p> <p>У вигляді суцільної задньої панелі та пазів по боках.</p>
Кнопки та стіки	<p><i>Ергономічна</i> – використовуються для повного занурення у гру, для зручного керування ігровим процесом, персонажем і його діями у <u>відеогрі</u>.</p>
Індикатори	<p><i>Ергономічна</i> – індикатори використовується для показу рівня заряду, безпроводного підключення девайсу до телефону, планшету, ПК та ін.</p>
Bluetooth адаптер	<p><i>Ергономічна</i> – для безпроводного підключення девайсу до телефону, планшету, ПК або ігрової консолі.</p>
Мотор	<p><i>Ергономічна</i> – використовується у багатьох моделях для підсилення активних подій в момент ігрового процесу, щоб в повному обсязі відчувати події, які відбуваються всередині гри, за допомогою спеціальних моторчиків які є всередині і вібрують, сигналізуючи, про активні дії що відбуваються в середині гри або з персонажем.</p>
Акумулятор	<p><i>Функція живлення</i> – для забезпечення бездротової роботи девайсу.</p>
Порти	<p><i>Функція комунікації</i> – використовується для можливості живлення акумулятору девайсу, для дротового з'єднання девайсу з іншим пристроєм.</p>

Відбувається перегрів тильної частини телефону, через нагрів акумулятору та різних процесорів телефону під час активного використання в процесі гри. В результаті цього збільшується температура телефону набагато швидше.[2]. Як наслідок підвищується температура телефону та геймпаду і помітно погіршується їх працездатність, зменшується термін «життя» обох гаджетів та збільшуються вірогідність дострокового виходу з ладу пристроїв. [3].



Рис. 2. – Зона максимального нагрівання геймпаду

З цієї причини деякі виробники створили моделі геймпадів в конструкції яких вбудована система охолодження (рис.3). Виробники використовують різні види даної опції для поліпшення експлуатаційних характеристик геймпадів.



Рис. 3. – Моделі геймпадів з системою охолодження

Для вирішення проблеми в обраній моделі геймпаду, iPega 9083, запропоновано створити систему охолодження на задній панелі тримача для більш якісної роботи гаджету.

Існує два види систем охолодження – вентилятором та радіатором.

Система охолодження вентилятором (рис. 4.) складається з:

1 – передньої та задньої вентиляційної решітки; 2 – вентилятора.

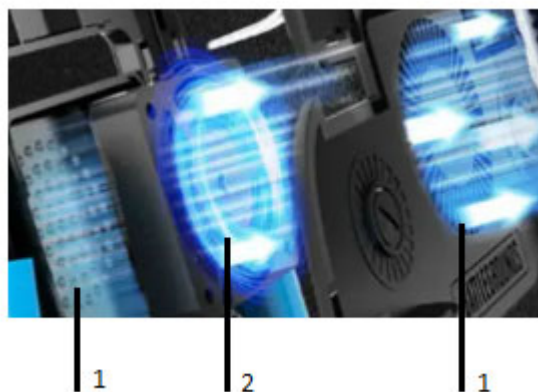


Рис. 4. – Система охолодження вентилятором

Система охолодження радіатором (рис. 5.) складається з:
1 – металевого тепловідвідного радіатора; 2 – термопара; 3 – радіатора охолодження; 4 – вентилятора; 5 – вентиляційної решітки

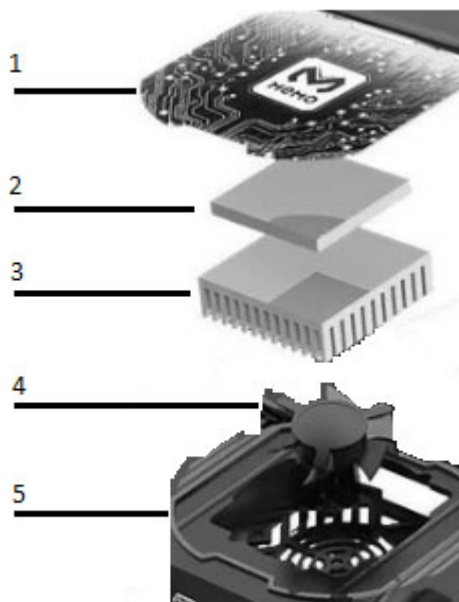


Рис. 5. – Система охолодження радіатором

Охолодження смартфона, вентилятором відбувається шляхом забору повітря лопатями вентилятору з заднього отвору геймпаду та обдуву тильної частини телефону. Таким чином, зниження температури задньої панелі смартфона передбачається нижче на 10-15 градусів. Охолодження радіаторною системою відбувається через зниження температури тильної поверхні смартфона за допомогою теплопередачі через силіконову проклеювку на металевому (мідь/алюміній) радіаторі. У такий спосіб температура зменшується вдвічі.

Таким чином, найбільш ефективною в зниженні температури обох пристроїв є радіаторна система.

Для вирішення поставленого завдання було змодельовано радіаторну систему охолодження, яка буде знаходитись всередині задньої панелі ігрового девайсу (рис. 6.). 3D модель була створена за допомогою Fusion 360.

Товщина та розміри деталей – силіконове проклеювання, тепловідвідний радіатор, термопара, охолоджуючий радіатор, вентилятор та вентиляційна решітка, обґрунтовані розрахунками та підібрані один до одного пропорційно (рис. 7.), з урахуванням розмірів геймпаду.

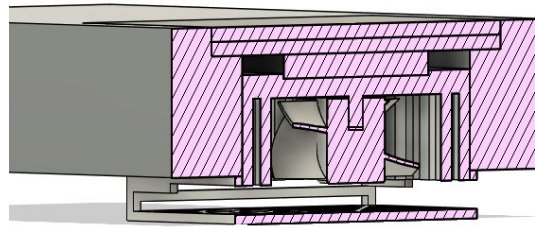


Рис. 6. – 3D модель радіаторної системи охолодження в розрізі

Матеріали деталей були підбрано відповідно до призначення та функцій, які вони виконують (рис. 8.).

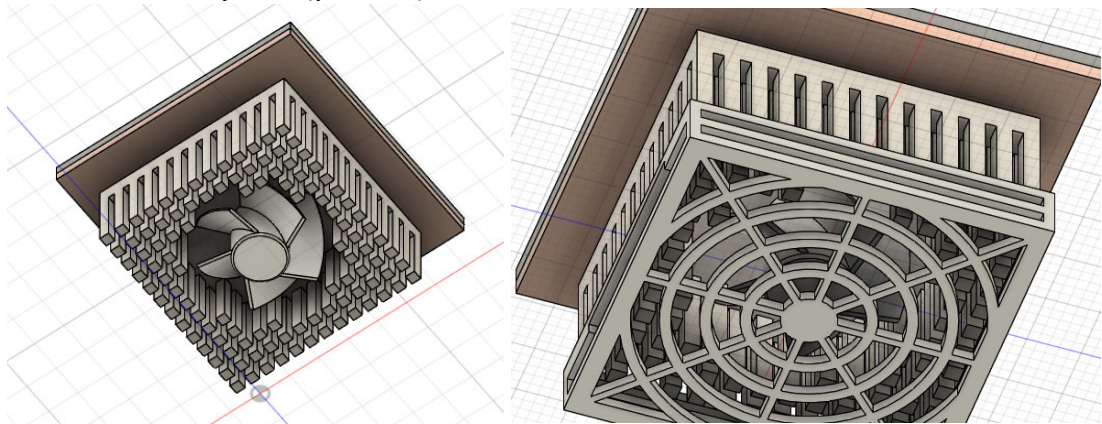


Рис. 7. – 3D модель радіаторної системи охолодження

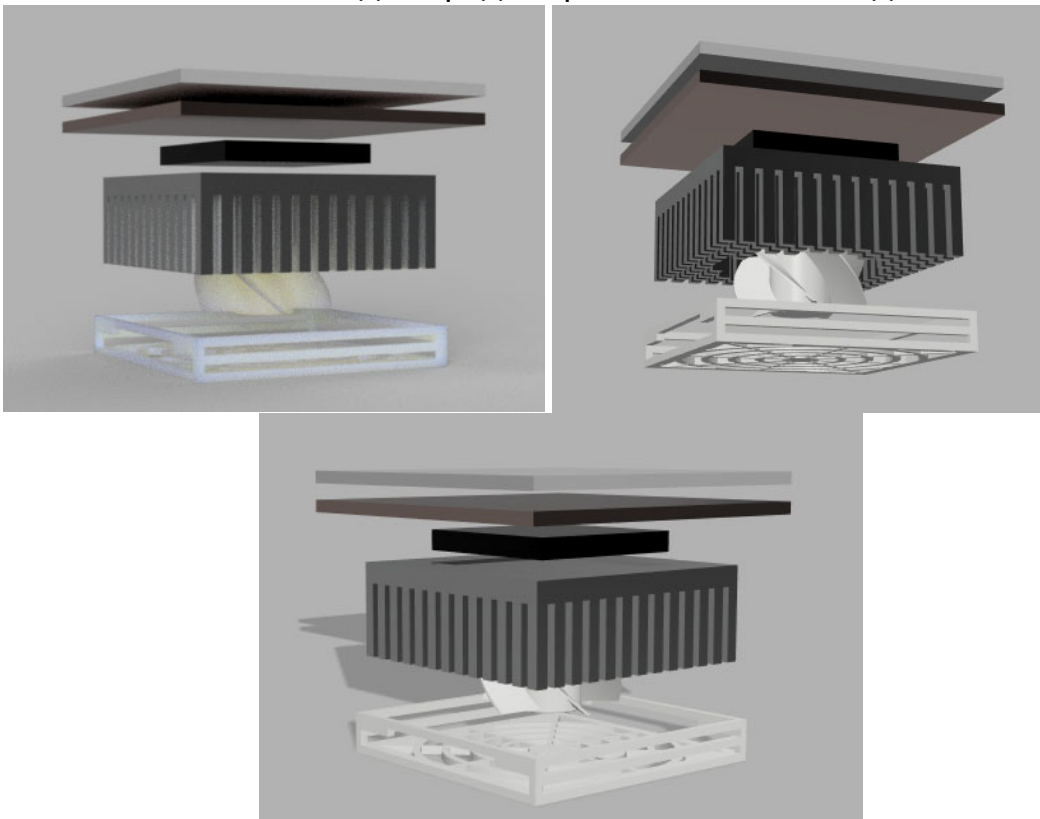


Рис. 8. – Рендер 3D моделі радіаторної системи охолодження

Отже, в результаті модернізації була створена нова конструкція задньої панелі тримача, яка надає змогу вентилювати та охолоджувати тильну частину мобільного гаджету. А значить мета поставленого завдання, щодо поліпшення ергономічних параметрів, була виконана.

Висновки. Створена вентиляція буде сприяти зменшенню ризику перегріву гаджетів та збереженню їх працездатності, що відобразиться на збільшенні терміну роботи гаджетів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кращі геймпади для планшетів до 10 дюймів - Інформація від компаній Тернополя. 0352.ua - Сайт міста Тернополя. URL: <https://www.0352.ua/list/202363> (дата звернення: 10.04.2023).

2. Чому телефон сильно гріється та швидко розряджається: причини та способи їхнього вирішення. Новини України - останні новини України сьогодні - УНІАН. URL: <https://www.unian.ua/techno/chomu-peregrivayetsya-smartfon-prichini-i-sposobi-virishennya-11665498.html> (дата звернення: 10.04.2023).

3. Чому телефон сильно гріється та швидко розряджається: причини та способи їхнього вирішення. Новини України - останні новини України сьогодні - УНІАН. URL: <https://www.unian.ua/techno/chomu-peregrivayetsya-smartfon-prichini-i-sposobi-virishennya-11665498.html> (дата звернення: 10.04.2023).

УДК 004.925.8

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ AUTODESK INVENTOR ПІД ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ ГРАФІЧНИМ ДИСЦИПЛІНАМ

Д.С. Пустовой¹

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: pustovoi.d.s@gmail.com

Анотація. В статі розглянуто можливості та перспективи використання сучасної комп'ютерної програми Autodesk Inventor у підготовці студентів інженерно-технічних спеціальностей. Виявлено, що формування компетенцій у використанні САПР та розв'язання конкретних завдань виробництва дозволяє збільшити інтенсивність навчального процесу та підвищити конкурентоспроможність майбутніх фахівців на ринку праці.

Ключові слова: графічні дисципліни, САПР, 3D-моделювання.



USING THE AUTODESK INVENTOR FEATURES DURING DISTANCE EDUCATION OF STUDENTS IN GRAPHICS DISCIPLINES

Dmytro Pustovoi¹

¹Ph.D., Associate Professor of Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: pustovoi.d.s@gmail.com

Abstract. In the article, the possibility of using the modern computer programs Autodesk Inventor for preparing students of engineering and technical specialties is considered. It has been shown that the formation of competencies in the best CAD system and the development of specific tasks of manufacturing allows to increase the intensity of the initial process and increase the competitiveness of possible facsimiles on the market of practice.

Keywords: graphic disciplines, CAD, 3D modeling.

Вступ. Прискорений розвиток сучасного суспільства вимагає появи нових підходів у різних сферах, не кажучи вже про освіту. Актуальною проблемою сучасної освіти є підготовка майбутніх випускників відповідно до вимог часу, формування в них професійного мислення, прагнення до самоосвіти та інтенсивного використання набутих знань і вмінь. Це завдання є досить складним, оскільки включає багато складових і вимагає неоднозначних підходів до їх вирішення. Зарубіжні та вітчизняні педагоги наполегливо шукають шляхи реорганізації освітнього процесу. Технології навчання, відмінні від традиційних систем, стають все більш популярними і важливими в цьому аспекті. Практика використання таких технологій потребує узагальнення, систематизації, подальшого розвитку та застосування.

Сучасні умови організації освітнього процесу, які сформувалися в період карантину, створили умови для впровадження нових педагогічних технологій [1-2], використання засобів створення високотехнологічного освітнього середовища.

Використання 3D-моделювання стало досить популярним серед технічних дисциплін, в яких за допомогою програм створюються певні вузлові механізми, які потім можна виготовити за допомогою 3D-принтерів. Але на жаль, мало уваги приділяється створенню моделей тих явищ, які не можливі безпосередньо спостерігати в реальному житті, скажімо при переході в мікро або нанорозмір, де важко уявити, що відбувається всередині матерії, атома чи субатомного рівнів. Саме тут тривимірні моделі можуть допомогти пояснити суть процесів і явища субатомного рівня [4].

Мета роботи. Продемонструвати можливості та переваги використання сучасного САПР Autodesk Inventor у навчальному процесі з метою підвищення якості підготовки студентів інженерно-технічних спеціальностей та формування їх як майбутніх фахівців під час дистанційного навчання.

Матеріал та результати досліджень. Однією з основних переваг використання програми 3D-моделювання Autodesk Inventor є можливість візуалізації складних процесів та деталей механізмів [4]. Завдяки цьому студенти можуть краще зрозуміти будову та функціонування складних машинобудівних вузлів, а також вивчити принципи проектування та виготовлення деталей різних виробів. За допомогою програм 3D-моделювання студенти можуть вивчати різні аспекти машинобудівної конструкції, від поодиноких деталей до всього механізму загалом.

Крім того, використання 3D-моделювання може допомогти студентам у підготовці до майбутніх проектів, пов'язаних з машинобудівною промисловістю. Вони можуть створювати власні дизайни та прототипи, що допоможе їм навчитися проектувати та розробляти нові машинобудівні деталі. Зокрема, програми 3D-моделювання дозволяють створювати та модифікувати деталі відповідно до конкретних вимог, забезпечуючи більш точний та ефективний процес проектування (наприклад застосування потрібних матеріалів).

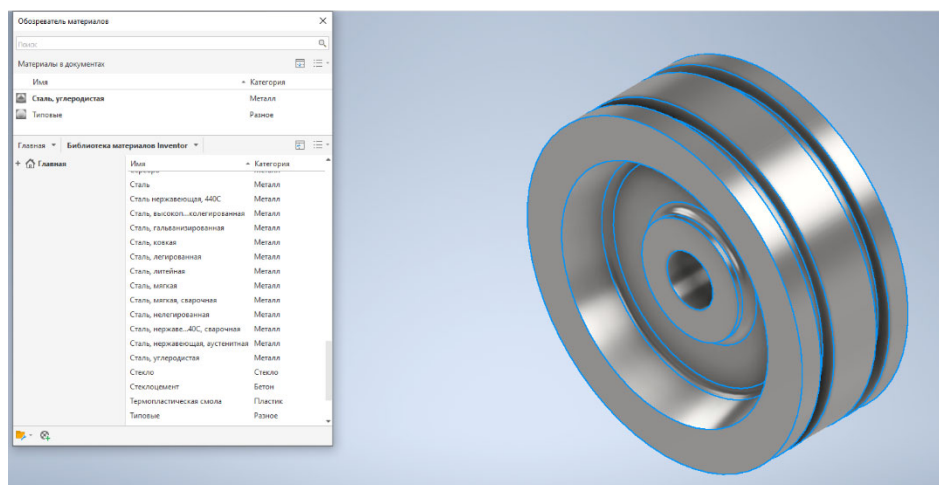


Рис. 1. – Приклад використання бібліотеки матеріалів для візуалізації машинобудівної деталі

До того ж, використання програм 3D-моделювання може бути корисним у підготовці студентів до практичних занять та лабораторних робіт. Наприклад, за допомогою 3D-моделей, студенти можуть вивчати та практикувати збірку та розбірку автомобільних деталей, що забезпечує їм більш ефективну підготовку до роботи в галузі виробництва та обслуговування автомобілів.

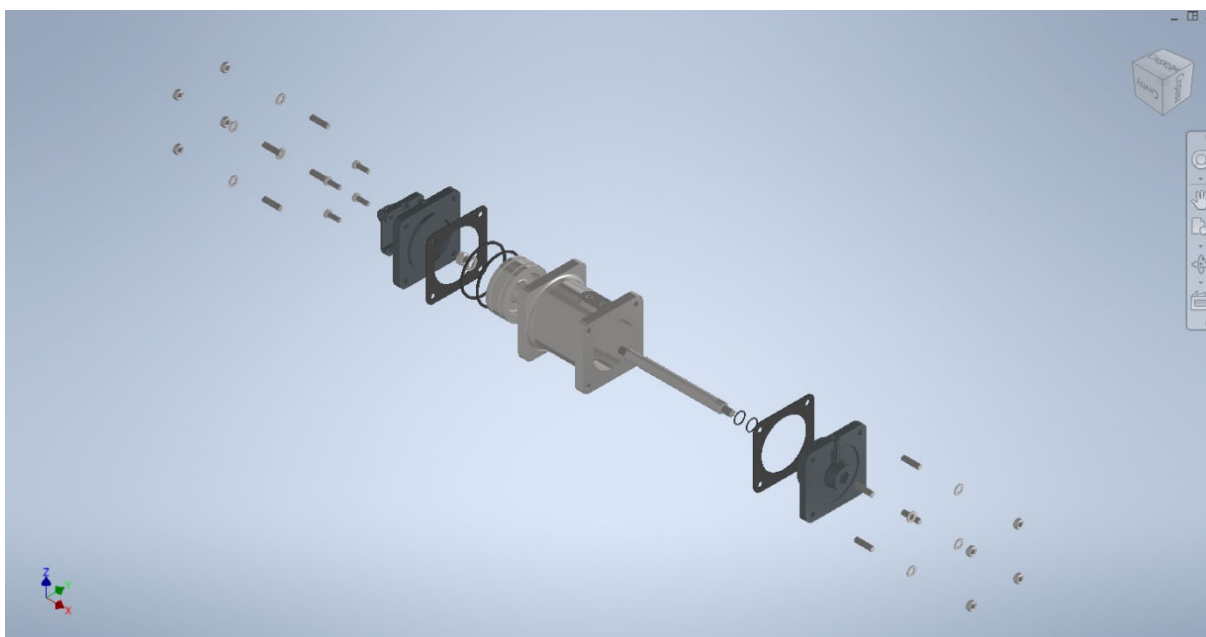


Рис. 2. – Приклад використання анімації для візуалізації 3D-збірки

Крім того, використання програм 3D-моделювання може зменшити витрати на навчальні матеріали. Замість придбання та зберігання фізичних зразків деталей та автомобілів, студенти можуть використовувати віртуальні 3D-моделі, що значно спрощує процес навчання та зменшує витрати на матеріали.

Додатково, використання 3D-моделювання може поліпшити міжнародну співпрацю та студентський обмін. За допомогою цих програм студенти можуть взаємодіяти зі своїми колегами та партнерами з інших країн, обмінюючись досвідом та знаннями. Віртуальні 3D-моделі дозволяють зробити співпрацю більш ефективною та зручною.

Загалом, використання програм 3D-моделювання у навчанні студентів інженерно-технічних спеціальностей має безліч переваг, що включають в себе візуалізацію складних процесів та деталей, підготовку до майбутніх проектів, зниження витрат на навчальні матеріали, поліпшення міжнародної співпраці та студентського обміну, а також забезпечення безпечного та екологічного навчання. Для досягнення максимальних результатів, важливо використовувати найсучасніші програмні рішення та технології 3D-моделювання, а також надавати студентам достатню кількість часу та можливостей для вправ та практики.

Однак, на жаль, існує кілька недоліків використання програм 3D-моделювання у навчальному процесі. По-перше, вони можуть бути складними у використанні для деяких студентів, що може впливати на їх здатність досягати успіхів у навчанні. Деякі студенти можуть мати труднощі з розумінням

нових програм та їх функціональності, що може стати перешкодою на шляху до успіху.

Крім того, використання програм 3D-моделювання може вимагати значних витрат на розробку та підтримку програмного забезпечення, а також на обладнання та інфраструктуру. Ці витрати можуть бути обмежувачим фактором для деяких навчальних закладів, особливо для тих, які мають обмежений бюджет.

Загалом, переваги використання програм 3D-моделювання у навчанні студентів інженерно-технічних спеціальностей вище, ніж недоліки. Для досягнення максимальної ефективності, важливо враховувати особливості навчального процесу та потреби студентів, а також забезпечити доступність та надійність програмного забезпечення та інфраструктури.

Висновки. Застосування програм 3D-моделювання при дистанційному навчанні студентів спеціальності інженерно-технічних спеціальностей має безліч переваг. Вони дозволяють створювати детальні та точні 3D-моделі машинобудівної продукції та її складових, що допомагає студентам краще розуміти принципи їх роботи та взаємодії між частинами. Це також дозволяє студентам легко та швидко експериментувати з різними конфігураціями та дизайном механізмів, що сприяє розвитку їх творчих здібностей та допомагає збільшувати мотивацію до навчання.

Використання програм 3D-моделювання під час онлайн-навчання також допомагає студентам розвивати навички роботи з сучасними технологіями, що є важливим для їх подальшої кар'єри в галузі промислового виробництва. Завдяки цьому вони можуть бути більш конкурентноздатними на ринку праці та мати кращі можливості для знаходження роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сидорова Н. В., Доценко Ю. В., Вікторов О. В. Сучасне викладання онлайн графічних дисциплін. // Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. 2021. №74. Т. 3. С. 126–129.
2. Слободянюк О. В. Формування вмінь з інженерної та комп'ютерної графіки в умовах дистанційного навчання. Вінниця: ВНТУ, 2016. 208 с
3. Бойко О. П. Особливості викладання комп'ютерної графіки в умовах дистанційного навчання // Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації: матеріали І Всеукр. наук. – техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, Одеса, 25–26 берез. 2021 р. Одеса: ОНАХТ, 2021. С. 92–96.
4. Мацюк І. М., Савельєва Т. С., Пустовой Д. С. Викладання інженерної графіки з використанням сучасних інформаційних технологій. // Здобутки та досягнення прикладних та фундаментальних наук XXI століття: 2020 рік: матеріали міжнар. наук. конф., 7 серпня 2020 р. Черкаси: МЦНД, 2020. С. 37–41.

УДК 378.046

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ОН-ЛАЙН НАВЧАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ БЕЗПЕКОВИХ ДИСЦИПЛІН

І.Я. Почапська¹, Х.-Я.Ю.Хлібишин²

¹доцент кафедри цивільної безпеки, e-mail: iryana.y.pochapska@lpnu.ua

²студент групи СА-22, ІКНІ, e-mail: khrystofor-iaroslav.khlibyshyn.sa.2021@lpnu.ua

^{1,2}Національний технічний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Анотація. Зроблено аналіз основних проблем при проведенні занять он-лайн з точки зору переваг і недоліків. Узагальнено дані про чинники, які суттєво впливають на якість освіти.

Ключові слова: он-лайн навчання, мотивація, Інтернет.

PROBLEMS ISSUES OF ONLINE LEARNING WHEN STUDYING SAFETY DISCIPLINES

Iryna Pochapska, Khrystofor-Yaroslav Khlibyshyn

¹Associate Professor, Department of Civil Safety, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: iryana.y.pochapska@lpnu.ua

²Student of group SA-22, ICSIT, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: khrystofor-iaroslav.khlibyshyn.sa.2021@lpnu.ua

Abstract. The main problems analysis of online learning conduction online classes from the point of view of excellences and perfections has been made. Information about factors that affect the quality of education is summarized.

Keywords: online learning, motivation, Internet.

Вступ. У ЗУ «Про освіту»[1] (ст.6) чітко окреслені засади державної політики у сфері освіти, зокрема, зазначена цілісність і наступність системи освіти та інтеграція з ринком праці. Саме тому здобуття конкурентоздатної освіти, можна досягнути підвищенням ефективності навчання. Одним із ключових моментів забезпечення сталого економічного зростання шляхом покращення рівня життя є ефективне використання знань, яке стало найважливішим чинником економічного розвитку. Разом з цим, в Україні у 2013 р. було прийняте «Положення про дистанційне навчання», яке діє і сьогодні зі змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства освіти і науки № 660 від 01.06.2013, № 761 від 14.07.2015. Згідно з яким дистанційне навчання реалізовується шляхом застосування дистанційної форми як окремої форми

навчання та використанням технологій дистанційного навчання для забезпечення навчання в різних формах [2].

За останні 2-3 роки навчання он-лайн стало звичним елементом нашого життя. Спочатку пандемія COVID-19 змінила звичне життя цілого світу, а згодом Україну спіткало ще більше лихо – повномасштабне вторгнення РФ. Нові життєві виклики змінили усі без винятку сфери життя українців, зокрема і галузь освіти. Багато людей змушені були мігрувати, що зробило он-лайн навчання одним із головних трендів, які швидко підхопила молодь, і яка стала однією з можливостей не переривати навчання, незважаючи на складні обставини, які зумовила війна.

Метою роботи був аналіз позитивних та негативних сторін он-лайн навчання, для встановлення ефективних підходів у викладанні дисциплін з врахуванням потреб сучасності, наприкладі, вивчення дисципліни «Основи охорони праці та безпека життєдіяльності».

Матеріал і результат досліджень. Реалії життя роблять нам нові виклики і висувають нові завдання. Якщо порівняти навчання у ВНЗ, навіть, десятиліття назад, то воно мало класичні підходи (заняття, конспекти, підручники, робота в бібліотеці і т.п.). Сучасні студенти зовсім інші, вони сформовані на зовсім інших підходах і потребах. Молодь перенасичена інформацією, інколи інформаційний потік настільки потужний, що важко виокремити головне і додаткове. Саме тому викладач повинен знайти підхід, стати своєрідним навігатором, бути на одній хвилі зі студентом.

Дослідження у вигляді анкет-опитувальників було проведено серед 320 студентів-гуманітаріїв та 110 студентів технічних напрямів підготовки. У частини студентів (~20% серед обох категорій) навчання не є головним (Рис.1), з початком повномасштабного вторгнення РФ і введенням воєнного стану, це стало ще більш розумним: хтось перебуває в зоні, де постійні обстріли і «прильоти»; хтось займається волонтерською діяльністю; у когось втрата рідних чи/і житла; хтось виїхав за кордон, рятуючись від війни; ще є студенти-заочники, які захищають нашу державу. Однак це не означає, що зазначені категорії студентів ігнорують навчальний процес, швидше для них навчання є абстрагуванням від дійсності, своєрідним зв'язком з мирним життям, яке було раніше і яке тепер втрачене. Разом з цим, навіть, враховуючи, що ми перебуваємо в стані війни, для навчання студентам необхідно ноутбук чи смартфон (в окремих випадках його достатньо), Інтернет-з'єднання і місце, де можна сфокусуватися і мати доступ, до джерела живлення, якщо використання гаджетів планується впродовж тривалого часу.

Проблемні моменти інколи виникають і через те, що молоді люди вважають, що їм «це» не потрібно, що все можна знайти по потребі, тому ключовим є вміння стати тимчасово ментором, зацікавити, захопити... і навчити

працювати з інформацією: аналізувати стандарти, офіційні урядові джерела і почуте, хоча б, у новинах. А згодом вміти отримані навички втілити в життя і застосувати в креативному ключі.

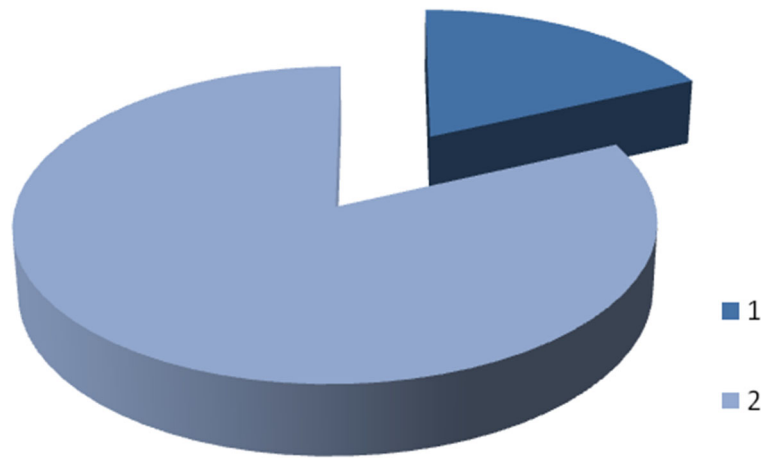


Рис. 1. – Ставлення студентів до навчання (у 2022 р.):

- 1- навчання в даний момент є не головним в житті
- 2 - навчання є відволікаючим моментом від проблем сьогодення

Складність вносить і безпосередньо сам процес дистанційного навчання: викладач не завжди відчуває контакт і взаємодію зі студентами, а частина студентів до дистанційного навчання ставляться як до не обов'язкового і на парах займаються сторонніми речами, особливо, коли камери вимкнуті.

З точки зору студентів, суттєвими недоліками он-лайн навчання є відсутність постійного контакту з викладачем (для 30%), зокрема візуального, в окремих випадках лабораторні і практичні заняття не виконують своїх навчальних функцій (на думку 12 % опитаних), бо по-суті студент виступає в ролі стороннього спостерігача, який бере лише пасивну участь у виконанні роботи і «збирає» дані для подальшої обробки. Щодо об'єктивності оцінювання під час дистанційного навчання думки студентів розділилися, однак більшість (46 %) без жодних застережень вважає, що отримані оцінки є об'єктивними (Рис.2), проте частина опитаних (27%) зазначає, що технічні причини можуть суттєво вплинути на результат, тому необхідне ще й персональне опитування, як складова оцінки.

Ще одна проблема, яка вже стосується безпосередньо викладача: не усі викладачі володіють навиками роботи на певних платформах і манера викладу наживо деякими викладачами переноситься в он-лайн формат занять, а тут це працює по-іншому. Крім зазначеного, і у викладачів, і у студентів погіршується стан здоров'я (зір, постава тощо), втрачається емоційний контакт не тільки в тандемі викладач-студент, а й у групі серед одногрупників (~15%).



Рис. 2. – Об'єктивність оцінювання під час дистанційного навчання (з точки зору опитаних студентів)

Однак усі опитані відзначають, що при поверненні до нормального мирного життя, вони б надали перевагу змішаному формату навчання («наживо»+дистанційно).

Висновки. Результати проведеного аналізу факторів впливу на навчальний процес в он-лайн форматі демонструють комплексний підхід до он-лайн навчання з врахуванням не лише можливостей і вмінь викладача, а й базової підготовки студента. Крім цього, важливим елементом є обставини приватного характеру (місце перебування, наявність доступу до мережі Інтернет тощо), наявність технічних засобів та можливість їх використання. Однак найважливішою умовою і мотивацією (як студента, так і викладача) є бажання вчитися і вчити.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про освіту» [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#n1235>.

2. Наказ Міністерства освіти і науки України «Про затвердження положення про дистанційне навчання [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13>.

УДК 378.147

ДОСВІД ВИКЛАДАННЯ ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ: ВИКЛИКИ І РІШЕННЯ

Н.І. Фурманова¹, О.Ю. Фарафонов², О.Ю. Малий³

¹доцент кафедри інформаційних технологій електронних засобів, e-mail: nfurmanova@gmail.com

²доцент кафедри інформаційних технологій електронних засобів, e-mail: fara-fon@zpu.edu.ua

³доцент кафедри інформаційних технологій електронних засобів, e-mail: docsasha2@gmail.com

^{1,2,3}Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

Анотація. У роботі описано досвід викладання технічних дисциплін для українських студентів англійською мовою. Окрема увага приділяється гейміфікації навчального процесу.

Ключові слова: English as a Medium of Instruction, викладання, гейміфікація, ігровий підхід.

TEACHING TECHNICAL DISCIPLINES IN ENGLISH: CHALLENGES AND SOLUTIONS

Nataliia Furmanova¹, Oleksii Farafonov², Oleksandr Malyi³

¹Associate Professor, Department of Information Technologies of Electronic Devices, e-mail: nfurmanova@gmail.com

²Associate Professor, Department of Information Technologies of Electronic Devices, e-mail: farafon@zpu.edu.ua

³Associate Professor, Department of Information Technologies of Electronic Devices, e-mail: docsasha2@gmail.com

^{1,2,3}Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, Ukraine

Abstract. This work describes the experience of teaching technical disciplines for Ukrainian students in English. Special attention is paid to the gamification of the educational process.

Keywords: English as a Medium of Instruction, teaching, gamification, game approach.

Вступ. Англійська мова як середовище викладання (English as a Medium of Instruction – EMI) стає все більш важливою в контексті українських університетів, і цьому є багато пояснень. По-перше, це забезпечує доступ до світового досвіду. Більшість наукових та технічних публікацій опубліковані англійською мовою, тому вивчення технічних дисциплін англійською мовою сприяє можливості бути в курсі останніх тенденцій у області досліджень. По-друге, це розширює освітні та професійні можливості: знання англійської

мови дозволяє студентам приймати участь у програмах академічної мобільності, а випускникам знаходити роботу в міжнародних компаніях або працювати в проектах із зарубіжними партнерами.

Мета роботи полягає поширенні досвіду навчання студентів технічних спеціальностей у ЕМІ-форматі.

Матеріал і результат досліджень.

Дані свідчать про те, що навчання у ЕМІ-форматі має певні проблеми з кадрами, оскільки не всі викладачі володіють іноземною мовою на рівні, достатньому для викладання. Ряд викладачів вказують на те, що навчання іноземною мовою потребує коригування темпу мовлення, дисципліни та загального дискурсу в класі. Незважаючи на ці проблеми, викладачі та студенти вважають викладання та навчання англійською можливістю, яка вартує уваги [1].

Традиційно основне місце в методиці викладання англійської мови посідає навчання нормативній дисципліні «Іноземна мова», метою якого є розвиток навичок усного мовлення: уміння дискутувати, висловлювати думки на різні теми та в різних ситуаціях. У сучасних умовах англійська мова для конкретних цілей вивчення поступово перетворюється на англійську мову для реальних цілей. Професійно-орієнтований підхід до вивчення іноземних мов у технічних вишах зараз набуває особливої актуальності. Такий підхід забезпечує формування у студентів уміння спілкування іноземною мовою в конкретних професійних, ділових і наукових сферах і ситуаціях з урахуванням особливостей професійного мислення.

Подолати всі труднощі реалізації комунікативно-орієнтованого та професійно-орієнтованого курсу підготовки майбутніх інженерів іноземними мовами можливо, насамперед, шляхом взаємодії різних структурних підрозділів технічного закладу вищої освіти, а саме: кафедра іноземних мов та кафедри, які готують фахівців за різними інженерними спеціальностями [2].

Загалом, незважаючи на те, що англійська може бути корисною та важливою мовою для спілкування та навчання, важливо знати про потенційні проблеми, з якими можуть зіткнутися носії, для яких вона не є рідною мовою, коли її використовують як засіб навчання, тому необхідно звертати увагу на наступне:

1) Рівень володіння англійською мовою: студенти можуть мати труднощі як з розумінням матеріалу, так і з власними відповідями англійською мовою, що може вплинути на їх здатність навчатися та брати участь у класі. Вони можуть мати проблеми зі словниковим запасом, граматиною та вимовою, що може ускладнювати розуміння лекцій і спілкування з іншими студентами та викладачами.

2) Розуміння матеріалу: навіть якщо учні мають базові знання англійської мови, вони можуть не повністю зрозуміти складні академічні концепції та ідеї, коли вони представлені англійською мовою. Це може призвести до плутанини та непорозумінь, що може перешкодити їхньому навчанню.

3) Кваліфікація викладача: через недостатній рівень володіння мовою викладачами їм може бути важко висловлювати складні ідеї, чітко пояснювати концепції та надавати зворотний зв'язок студентам.

4) Справедливість оцінювання: використання англійської мови як засобу навчання може створити нерівність у групі, оскільки студентам, які володіють англійською на низькому рівні, може бути важко не відставати від своїх однолітків. Це може призвести до почуття розчарування та незалученості, і врешті-решт може вплинути на їхній академічний успіх.

З іншого боку, позитивні емоції покращують засвоєння знань. Позитивні навчальні емоції включають інтерес, цікавість, здивування, пристрасть, креативність, залучення та радість [3]. Коли людина відчуває позитивні емоції під час процесу навчання, це може активувати систему винагороди мозку, що призводить до бажаного досвіду, підвищуючи концентрацію та увагу. Такі емоційні стани також можуть розширити перспективу студента, дозволяючи йому бачити альтернативи, наполегливо витримувати виклики та ефективно реагувати на критику та невдачі.

Студенти почувають себе впевненіше, якщо заздалегідь отримують весь матеріал, який буде використовуватись під час заняття. Значною допомогою для студентів є запропонований викладачем глосарій або перелік основних термів із перекладом та поясненням. Можливість переглянути відеоматеріали, ознайомитись із текстом лекції або семінару впливає на студентів заспокійливо і знижує очікування невдачі.

Іншим способом досягнення позитивних емоцій під час навчання є використання ігрового підходу. Гейміфікація може бути корисним інструментом для підтримки навчання у форматі EMI, оскільки мають ряд переваг:

1) Мотивація: ігри можуть бути дуже захоплюючими та мотивуючими, що може допомогти студентам залишатися зацікавленими та стимулювати вивчення мови. Завдяки використанню елементів гри, таких як бали, рівні та нагороди, студенти можуть відслідковувати свій прогрес у покращенні знання англійської мови.

2) Активне навчання: ігри часто вимагають активної участі та вирішення проблем, що може допомогти студентам практикувати та розвивати свої навички англійської мови в цікавій та інтерактивній формі. Це може бути особливо корисним для студентів, які можуть мати проблеми з більш пасивними підходами до навчання, такими як лекції та читання.

3) Контекстне навчання: ігри можуть створити насичений і захоплюючий контекст для вивчення мови, який може допомогти учням краще зрозуміти та запам'ятати англійську лексику та граматику. Включаючи вивчення англійської мови в ігрові сценарії та розповіді, студенти можуть практикувати використання англійської мови в контексті та розвивати свої мовні навички більш природним і змістовним способом.

4) Співпраця та конкуренція: ігри можуть сприяти співпраці та конкуренції серед учнів, що може спонукати їх працювати разом і підтримувати навчання один одного. Граючи в командні ігри, студенти можуть практикувати спілкування англійською мовою та розвивати навички командної роботи та соціальні навички.

Загалом гейміфікація може бути потужним інструментом для підтримки вивчення англійської мови, якщо вона використовується як засіб навчання. Зробивши вивчення мови цікавим, інтерактивним і захоплюючим, студенти можуть розвивати свої навички англійської мови більш ефективно та з задоволенням.

В Національному університеті «Запорізька політехніка» на кафедрі інформаційних технологій електронних засобів вже декілька років студенти мають можливість вивчати дисципліни «Веб-дизайн», «Основи технології електронних апаратів» та «Обчислювальна техніка та мікроконтролери» в ЕМІ-форматі. Досвід показав, що студенти спочатку сприймають навчання англійською з певними сумнівами щодо власних здібностей, проте з часом активно включаються у навчання. Лекційний матеріал може надаватись студентам як українською, так і англійською мовою, а семінарські заняття реалізуються переважно англійською мовою. Однією з головних задач викладача, що викладає в ЕМІ-форматі, є заохочення студентів до активної поведінки і демонстрація готовності допомогти у разі труднощів із використанням англійської мови.

Для різних освітніх цілей можуть використовуватись різні ігрові завдання та задачі. Так, завдання прослухати матеріал, а потім підтвердити або заперечити певні твердження, підвищує увагу учнів. Закріпленню термінології сприяють такі ігри, як ребуси, кросворди, групування синонімів. Завдання «Знайди пару» добре підходить для запам'ятовування обладнання та технологічних процесів. Робота в довільно створених групах покращує комунікативні навички.

Висновки. Англійська мова як середовище викладання розширює можливості студентів та випускників технічних закладів вищої освіти. Ігровий підхід на заняттях не замінює класичне навчання, але допомагає отримати позитивні емоції та знизити тривожність студентів, які навчаються за ЕМІ-форматом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Goodman Bridget A. Implementing English as a medium of instruction in a Ukrainian University: Challenges, adjustments, and opportunities / Bridget A. Goodman // International Journal of Pedagogies and Learning. – Vol. 9, 2014. – Issue 2. – P. 130–141.
2. Furmanova N. I. Using English as the medium of instruction for students of radio engineering specialities / N. I. Furmanova // Тиждень науки. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 18–21 квітня 2017 р. / Редкол. : В. В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. –с. 587-580
3. Osika A. Emotions and learning: what role do emotions play in how and why students learn?/ A. Osika, S. MacMahon, J. M. Lodge, A.Carroll. – Режим доступу: <https://www.timeshighereducation.com/campus/emotions-and-learning-what-role-do-emotions-play-how-and-why-students-learn> (дата звернення: 07.04.2023).

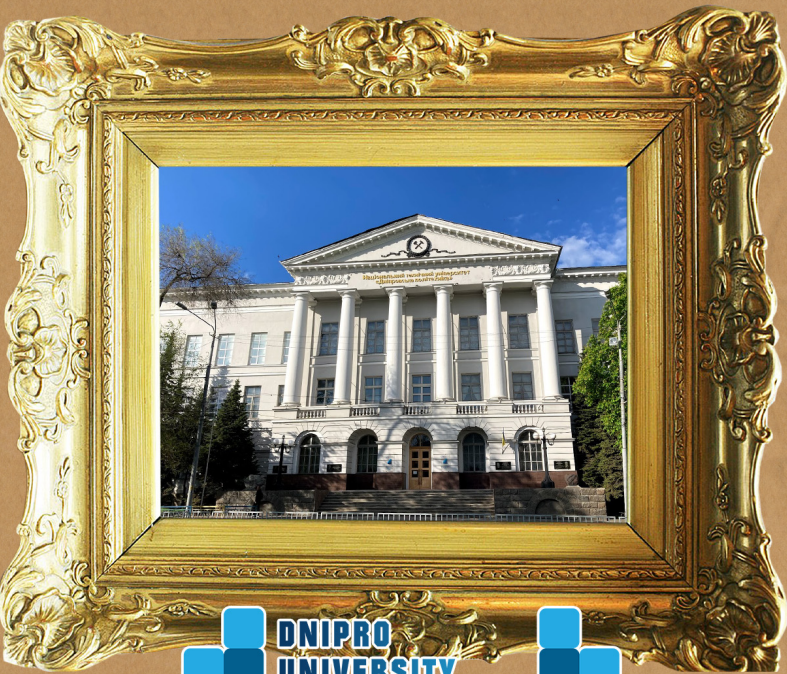
Authors Index*(Last Name / First Name / Middle Name / Page)*

- Balaka Maksym, 69, 141**
Bilyi D.A., 27
Bohdanov O., 34
Busyrev I., 179
- Cheberyachko Serhiy, 109**
Chobotko Ihor, 162, 168
- Derbaba Vitalii, 75**
Deryugin Oleg, 109
Doshchechkina Iryna, 123
Dovhal Denis, 12, 215
Dulich Daryna, 123
- Erisov M.M., 98**
- Farafonov Oleksii, 239**
Fedoriachenko Serhii, 204
Fedoskina O.V., 210
Furmanova Nataliia, 239
- Guzenko Dmytro, 90**
- Ilina Maria, 133**
Ivanchenko Yelyzaveta, 64
- Kazakova Maria, 215**
Khlibyshyn Khrystofor-Yaroslav, 235
Khodos Olha, 105
Khorolskyi Andrii, 18, 153
Khoroshun Anastasiia, 69
Kirsanova V.V., 94
Kosolapov A., 179
Kovtun Artem, 54
Krivda V.V., 98
Kryvyi Roman, 109
- Lagoshna Olena, 105**
Lisnycha Tetiana, 224
- Maksimenko M.O., 98**
Maluev Pavlo, 59
Malyi Oleksandr, 239
Matsiuk Iryna, 64, 184, 204
Mishchuk D.O., 141
Mishchuk Ye.O., 141
Mohylchenko N., 34
- Novikova O.O., 189**
- Olishevskaya V.E., 147**
Olishevskiy H.S., 147
- Pimakhov Mykhailo, 173**
Pismenkova Tetiana, 189, 224
Pobyipech Makar, 69
Pochapska Iryna, 235
Polyukhovych Vladyslav, 204
Pryshchepa Dmytro, 75
Pustovoi Dmytro, 230
- Rott N.O., 27**
- Salomatina Y.V., 210**
Sazanishvili Zoia, 200
Shcherbyna Evhen, 75
- Taranushchenko Volodymyr, 220**
Tverdokhlib Olexander, 90
- Veretilnyk David, 39**
Verner Ilya, 173
- Yevdokymov Serhii, 220**
Yuriev Danylo, 200
- Zaguba Kostya, 129**
Zakharov O., 34
Zakharova Diana, 39, 44, 49, 54, 59
Zharko Hanna, 183
Ziabrev Artem, 44, 49
Ziborov Kirill, 129, 173

Організатори конференції

	Міністерство освіти і науки України 01135, м. Київ, проспект Перемоги, 10 http://www.mon.gov.ua/
	Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» 49600, Україна, м Дніпро, пр. Дмитра Яворницького, 19 http://www.nmu.org.ua/
	ВАТ «Інфотех», Autodesk Silver Partner 49000, Україна, м Дніпро, вул. Князя Володимира Великого, 18 б. http://www.itech.net.ua/
	Alexander Dubcek University in Trencin 91150, Словацька Республіка, Тренчин, вул. Студентів,2 https://tnuni.sk/
	Актюбинський регіональний державний Університет ім. К. Жубанова 030000, Казахстан, м Актобе, пр. А. Молдагуловой, 34 http://arsu.kz/
	Велорській технологічний інститут VIT University, Vellore – 632014, Tamil Nadu, India http://vit.ac.in/
	Громадська організація Освітній центр «Відкрите знання» 49033, Україна, м Дніпро, Гладкова 6, 175 http://openknowledge.16mb.com/
	Механіко-машинобудівний факультет Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» http://mmf.nmu.org.ua/
	Лабораторія інформаційних технологій проектування кафедри конструювання, технічної естетики та дизайну http://okmm.nmu.org.ua/
	Міжнародні наукові інтернет-конференції (Організація та підтримка) http://sci-forum.net.ua/





**DNIPRO
UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY**
1899

CELEBRATING
124
YEARS
ANNIVERSARY

NMU
ORG
UA

