CONFERENCE PROCEEDINGS

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

CONTEMPORARY INNOVATION TECHNIQUE OF THE ENGINEERING PERSONNEL TRAINING FOR THE MINING AND TRANSPORT INDUSTRY

CITEPTMTI'2022

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРНИХ КАДРІВ ДЛЯ ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ТРАНСПОРТУ»

OPEN ACCESS

Відкрите Знання

29 – 30 April 2022

Dnipro University of Technology

Навчальний центр «Інфотех»
AUTODESK Silver Partner

SCI-FORUM NET UA

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»

Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry 2022

(CITEPTMTI'2022)

Conference Proceedings

Збірник наукових праць міжнародної конференції

«Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості і транспорту 2022»

29-30 April 2022

Ukraine, Dnipro

29-30 квітня 2022 року

Україна, Дніпро

УДК [[622:378.6]:[005.96:004]](082)

С 232

С 232 Збірник наукових праць міжнародної конференції «Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості і транспорту 2022». – Дніпро: НТУ «ДП», 2022. – 131 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 несете ніякої відповідальності перед авторами і/або третіми особами і організаціями за можливі збитки, викликаний публікацією матеріалів.

Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry 2022 (CITEPTMTI'2022). Conference Proceedings. (2022) Ukraine, Dnipro: DUT, 131 p.

CITEPTMTI'2022 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 CITEPTMTI 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

© 2022 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 – **Stanislav Felonenko,** 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. **Vladimir Samusya** - PhD, Professor, Head of Mining Mechanics Department, 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. **Kirill Ziborov** - 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., Head of PO EC "Open Knowledge";

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

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова оргкомітету конференції – **Фелоненко С.В.,** 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:

Самуся В.І. - доктор технічних наук, завідувач кафедри гірничої механіки, 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, Велорський технологічний інститут (Індія);

Зіборов К.А. - 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, голова ГО ОЦ «Відкрите знання»;

технічний редактор – **Вернер І.В.**, старший викладач, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

Table of Contents | Зміст

Mining and Metallurgical Equipment
Гірниче та металургійне обладнання

Ye.O. Mishchuk, D.O. Mishchuk, O.R. Didkivsky *Improve of the Working Body of the Rotary Crusher*	***Є.О. Міщук, Д.О. Міщук, О.Р. Дідківський*** *Удосконалення робочого органу роторної дробарки*	***9***
O.V. Fedoskina, M.M. Yerisov, V.O. Fedoskin *Stand for Research of the Process of Interaction of Fine-Grain Materials on the Profile Vibrating Surface*	***О.В. Федоскіна, М.М. Єрісов, В.О. Федоскін*** *Стенд для проведення досліджень процесу взаємодії дрібнозернистих матеріалів на профільній вібруючий поверхні*	***14***

Mechanical Engineering and Engineering Science
Машинобудування і машинознавство

Kirirll Ziborov, Maria Myla *Loading Modeling of the Sports Car Fuel Tank*	***К.А. Зіборов , М.О. Мила*** *Моделювання навантаження паливного баку спортивного автомобіля*	***20***
Kirill Ziborov, Andrey Teslya *The Surface Layer Mechanical Properties of Materials in Contact Interaction*	***К.А. Зіборов, А.М. Тесля*** *Механічні властивості поверхневого шару матеріалів при контактній взаємодії*	***26***
D.O. Mishchuk, Ye.O. Mishchuk, Ie.V. Gorbatyuk *Practice of Application of the Particular Sware Method in the Problem of Optimization of the Movement Mode of the Manipulator*	***Д.О. Міщук, Є.О. Міщук, Є.В. Горбатюк*** *Практика застосування методу рою частинок в задачі оптимізації режиму руху маніпулятора*	***31***

Sergey Shatov, Irina Matsiuk, Eduard Shlyakhov *Searching Ways to Reduce the Closed Gears Mass*	***С.В. Шатов, І.М. Мацюк, Е.М. Шляхов*** *Пошук шляхів зменшення маси закритих зубчастих передач*	***37***

Transport Technologies and Equipment

Транспортні технології та обладнання

V.V. Krivda, D.K. Kandrashyn, A.N. Teslya *Electronic Document Management on Road Transport Services*	***В.В. Крівда, Д.К. Кандрашин, А.М. Тесля*** *Електронний документообіг на сервісах автомобільного транспорту*	***41***
Serhiy Cheberyachko, Oleg Deryugin, Margarita Prikhodko *Justification of Measures for Logistic Risks Minimization In The Transportation of Heavy And Overdoor Cargo (Caterpillar Bulldozer 'Komatsu D155ax-6')*	***С.І. Чеберячко, О.В. Дерюгін, М.Ю. Приходько*** *Обґрунтування заходів мінімізації логістичних ризиків при перевезенні великовагового і негабаритного вантажу (гусеничний бульдозер "Komatsu D155ax-6")*	***48***

Resource and Energy Saving Technologies and Materials

Ресурсо - и энергосберегающие технологии и материалы

Vladislav Vyshneveczkiy *3D Printer Energy Consumption Analysis on the Technological Way of Manufacturing a Product Using FDM Technology With the Possibility of Further Utilisation*	***Вишневецький В.В.*** *Аналіз енергоспоживання 3D-принтеру на технологічному шляху виготовлення виробу за допомогою технології FDM з можливістю подальшої утилізації*	***62***

G.S. Olenich, D.O. Mishchuk, M.M. Balaka *Reduction of Fuel Consumption by Motor Vehicles Due to the Application of the Hydrogen Generator*	***Г.С. Оленич, Д.О. Міщук, М.М. Балака*** *Зниження витрат пального автомобільним транспортом за рахунок застосування генератора водню*	**68**
V.E. Olishevska, H.S. Olishevskiy *Motor transport in the conditions of transition From cars with a combustion engine to electrocar*	***В.Є. Олішевська, Г.С. Олішевський*** *Автомобільний транспорт в умовах переходу від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів*	**72**

Informational Technologies of Design, Modeling, Design, Modern WEB-technologies

Інформаційні технології проектування, моделювання, дизайну, сучасні WEB-технології

Ilya Verner, Olexander Tverdokhlib, Olexandra Novikova *Design Thinking Process in Generation of the Universe Environment or Virtual Tour Locations*	***І.В. Вернер, О.М. Твердохліб, О.О. Новікова*** *Процес дизайн мислення при генерації оточення всесвіту або локації для віртуального туру*	***79***
Ilya Verner, Mykhailo Pimakhov, Maria Kazakova *Unreal Engine as a Basic Visualization Platform for Interior Design*	***І.В. Вернер, М.В. Пімахов, М.О. Казакова*** *Використання unreal engine у якості базової платформи візуалізації для дизайну інтер'єру*	***88***
Iryna Matsiuk, Dmitri Lobashchuk *Design of the Computer Table Taking Into Account the User Ergonomic Properties*	***І.М. Мацюк, Д.М. Лобащук*** *Дизайн комп'ютерного столу з урахуванням ергономічних властивостей користувача*	***95***

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

T. Pismenkova, I. Pashkovsky *The Office Chair Element Determination for Rational Improvement of Ergonomic Properties*	**Т.О. Письменкова, І.Ю. Пашковський** *Визначення елементу офісного крісла для раціонального удосконалення ергономічних властивостей*	**100**
Denys Poiedynok, Denys Dovhal *Increasing the Ergonomics of a Table Lamp Lightmaster DE 1142*	**Д.Д. Поєдинок, Д.О. Довгаль** *Підвищення ергономічності настільної лампи Lightmaster DE 1142*	**106**
Dmytro Pustovoi, Vladyslav Kravchenko *Autodesk Inventor Usage for Modeling and Research of Hydraulic Cylinder Stress-Deformed State*	**Д.С. Пустовой, В.В. Кравченко** *Використання Autodesk Inventor для моделювання та дослідження напружено-деформованого стану гідроциліндру*	**112**
Dmytro Saveliev, Olena Stolbchenko *Method of Reducing Dust Emissions During Coal Products By Explosion*	**Д.В. Савельєв, О. В. Столбченко** *Спосіб зниження пиловиділення при проведенні вугільних виробок вибухом*	**118**
Yurii Cheberyachko, Oleg Deryugin, Mykola Arkhirei *Improvement of the Procedure of Occupational Risk Assessment at the Industrial Enterprise*	**Ю.І. Чеберячко, О.В. Дерюгін, М.М. Архірей** *Вдосконалення процедури оцінки професійного ризику на промисловому підприємстві*	**122**
Authors Index	*Авторський покажчик*	**130**
About the Conference Organizers	*Організатори конференції*	**131**

УДК 534.2

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНА РОТОРНОЇ ДРОБАРКИ

Є.О. Міщук[1], Д.О. Міщук[2], О.Р. Дідківський[3]
[1]доцент кафедри машин і обладнання технологічних процесів, e-mail: mischuk.ieo@knuba.edu.ua
[2]доцент кафедри будівельних машин, e-mail: mischuk.do@knuba.edu.ua
[3]студент групи БМО-31, e-mail: didkivskyi_or@knuba.edu.ua
[1,2,3]Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. З метою підвищення технічних параметрів роторної дробарки запропоновано застосовувати модифіковану конструкцію ротора дробарки з секторними дробильними билами. Для полегшення технічного обслуговування ротора дробарки також пропонується застосовувати гідрофіковану систему механізму розкриття корпусу. У роботі значна увага приділена спрощенню конструкції і форми ротора та застосуванню швидкозмінних бил ротора. Запропонована конструкція дозволяє без зміни приводу дробарки та режимів його роботи підвищити продуктивність машини у порівнянні з типовими відомими конструкціями.

Ключові слова: роторна дробарка, ротор дробарки, удосконалення.

IMPROVE OF THE WORKING BODY OF THE ROTARY CRUSHER

Ye.O. Mishchuk[1], D.O. Mishchuk[2], O.R. Didkivsky[3]
[1]Associate Professor of Machinery and Equipment of Technological Processes, e-mail: mischuk.ieo@knuba.edu.ua
[2]Associate Professor of the Department of Construction Machinery, e-mail: mischuk.do@knuba.edu.ua
[3]student of BMO-31 group, e-mail: didkivskyi_or@knuba.edu.ua
[1,2,3] Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. In order to increase the technical parameters of the rotary crusher, it is proposed to use a modified design of the crusher rotor with sector crushers. To facilitate the maintenance of the crusher rotor, it is also proposed to use a hydrated system of the mechanism of opening the housing. In the work, considerable attention is paid to simplifying the design and shape of the rotor and the use of quick-change rotor beaters. The proposed design allows, without changing the drive of the crusher and its operating modes, to increase the productivity of the machine in comparison with typical known designs.

Keywords: rotary crusher, crusher rotor, improvement.

Вступ. Однією з головних проблем, яка сьогодні стоять перед гірничодобувною галуззю, є зниження витрат на видобуток та переробку корисних копалин і будівельних матеріалів. Значні енергозатрати припадають на

процеси дроблення матеріалів [1, 2]. Основне навантаження в стадійності подрібнення будівельних матеріалів припадає на дробарки мілкого дроблення, які використовують для отримання більш мілкої фракції матеріалу, яка в подальшому застосовуватиметься для помелу в млинах багатостадійних схем. При цьому особлива увага приділяється якості одержуваних матеріалів [3]. Основні переваги роторних дробарок в тому, що руйнування мінералів відбувається по місцях зрощення шарів з лавиноподібним утворення тріщини в матеріалі, таким чином цей метод руйнування має високу селективність розкриття при більш грубому дробленні, а це дозволяє при подальшому збагаченні здійснювати дезінтеграцію матеріалу на більш ранніх стадіях. При ударному дробленні простіше отримати вихідний продукт, який буде придатний для ефективного живлення кульових млинів, ніж дроблення стисненням, яке є традиційним в щокових та конусних машинах [4].

В роторних дробарках руйнування породи відбувається в результаті її потрапляння на ротор, що обертається з великою швидкістю і на якому встановлено били. Порода відскакує від ротора та бил і з великою швидкістю ударяється по відбивним плитам. У результаті порода руйнується на фракції. Для отримання більш дрібної фракції встановлюються кілька відбивних плит. Відбивні плити можуть рухатися відносно корпусу дробарки і здатні пропускати великі шматки твердої породи, яка не піддається дробленню.

Ротор дробарки представляє собою обертовий робочий орган, до складу якого входять била з деталями їх кріплення та корпус з валом, і є основним найбільш відповідальним вузлом дробарки, який призначений для нанесення удару по матеріалу, що дробиться. В залежності від характеру дроблення ти виду дробарки існують різні конструкції роторів, а саме: закритий циліндричний, закритий спіральний, дископодібний багатокутний, закритий циліндричний з виступами, закритий монолітний овальний, закритий монолітний циліндричний корпус зі зрізаними виступами під бильні частини.

Для ефективного руйнування матеріалу колові швидкості бил ротора досягають 20-80 м/с. Такі високі колові швидкості створюють відцентрові сили в сотні кілоньютон, які діють на било, а при зіткнення виникають ударні зусилля, що перевищують їх в сотні разів. Діаметр і довжина ротора є основними параметрами дробарки. Діаметри роторів на промислових зразках бувають від 400 до 2000 мм, а довжина від 400 до 2500 мм. Співвідношення довжини ротора і його діаметра коливається від 0,5 до 2, а частіше це співвідношення буває в межах від 0,8 до 1,0. Маса ротора великих дробарок досягає 25 т. Ротори бувають з кількістю бив від 2 до 12 з монолі-

тними (закритими) і пустотілими (у вигляді дисків) корпусами і з торцевими дисками і без них.

Мета роботи полягає в дослідженні напрямів вдосконалення ротора існуючої роторної дробарки моделі СМД-86 та розробці конструкторського рішення прототипу.

Матеріал і результат досліджень.

В якості аналога для розробки прототипу прийнято роторну дробарку конструкції СМД-86, яка складається зі зварного корпусу *1*, ротора *6*, двох відбивних плит *4*, *5* і приводу (Рис. 1). Корпус дробарки роз'ємний і складається із станини, двох каркасів – основного *2* і відкидного *3*, верхньої частини корпусу. Кріплення основного каркасу до станини здійснюється болтами *11*, *12*, *13*. Відкидний каркас з'єднується зі станиною осями 10 і кріпиться до основного каркасу відкидними болтами. Корпус дробарки в місцях інтенсивного контакту з подрібнюваним матеріалом обладнується футеровками, які кріпляться болтами.

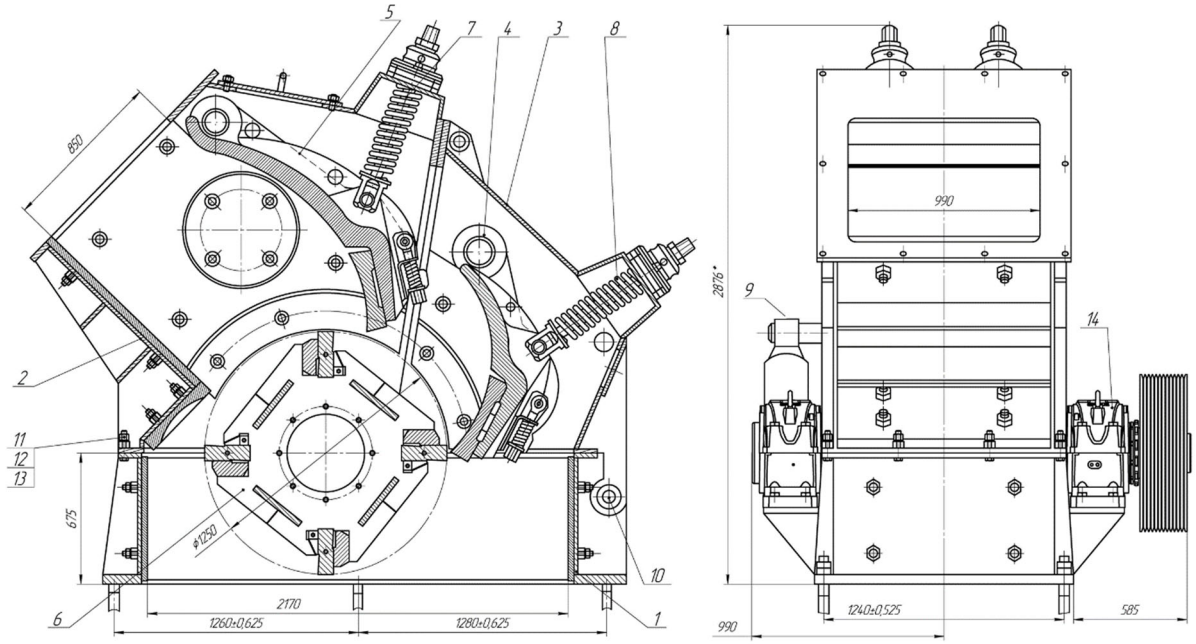


Рис. 1. – Роторна дробарка СМД-86 із запропонованою конструкцією модернізованого ротора

Завантаження дробарки здійснюється за допомогою живильника, транспортера або інших засобів. Вихідний матеріал, потрапляючи через завантажувальний живильник в прийомний отвір, падає на похилу плиту і рухається назустріч швидкообертового ротора, розбивається билами і відкидається на першу відбивну плиту, внаслідок чого додатково дробиться. Роздроблений матеріал через щілину між билами ротора і першої відбивної плити потрапляє в другу камеру, де додатково дробиться і через щілину

між ротором і другою відбивною плитою потрапляє в розвантажувальну щілину.

Критична швидкість удару шматка дробленого матеріалу

$$\upsilon_{кр} = 7{,}7\sqrt[3]{\left(\frac{\sigma_p 1000}{0{,}98\rho d_{kp}}\right)^{.2}}, \qquad (1)$$

де σ_p – межа міцності породи, МПа; ρ – щільність матеріалу, кг/м^3; υ – швидкість удару, яка залежить від швидкості обертання ротора, м/с; d_{kp} – критичний діаметр дробленого матеріалу, м.

Модернізація ротора дробарки пропонується за допомогою застосування секторного ротора зі змінними чотирьома билами замість традиційної суцільної конструкції з трьома билами. Корпус ротора складається з торцевих пластин насаджених на вал і з'єднаних поперечними балками на периферії ротора (Рис. 2).

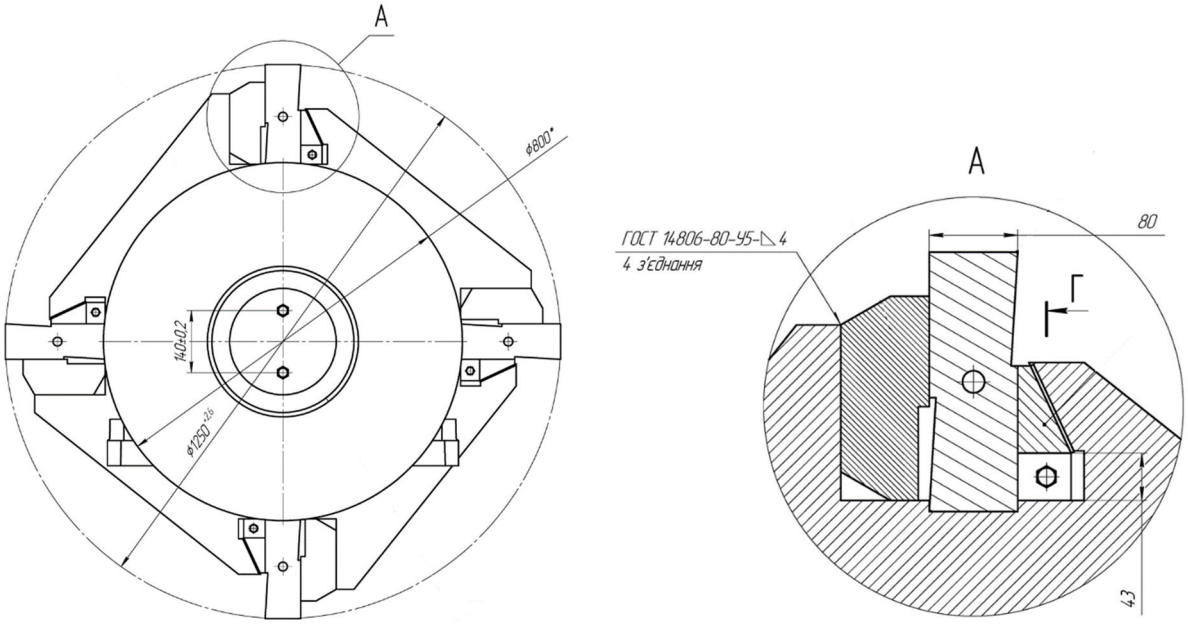


Рис. 2. – Конструкція модернізованого ротора

Рухомі дробильні била роторної дробарки при роботі зазнають значного зношення, тому запропоновано застосовувати швидкозмінні била з клиновими замками, а для покращення технічного обслуговування пропонується встановити гідроциліндр відкриття задньої рухомої стінки [5].

Висновки. Застосування роторної дробарки для подрібнення матеріалу має значені переваги у порівнянні з традиційними щоковими та роторними машинами. Зокрема, за рахунок використання енергії удару можна значно знизити металоємність машини, проте традиційні робочі органи таких машин маю не досконалу конструкцію у порівнянні із закордонними

аналогами. Застосування щілинного секторного ротору дозволяє значно підвищити продуктивність роторної дробарки та знизити надлишкового подрібнення мілкої фракції матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Назаренко І. І. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів. Конструкції та основи експлуатації: Підручник / І. І. Назаренко, О. В. Туманська. – К.: «Вища шк.», 2004. – 504 с.

2. Mishchuk Ye. O. Definition of rational operating modes of a vibratory jaw crusher. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu / Ye. O. Mishchuk, I. I. Nazarenko, D. O. Mishchuk. – 2021, (4): 56–62. https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-4/056 (дата звернення: 14.03.2022).

3. Лемішко Д. В. Екологічні особливості застосування роторної дробарки. Сучасні проблеми екології: тези XVII Всеукр. наук. online конф. здобувачів вищої освіти і молодих вчених з міжнар. участю, 15 квіт. 2021 / Д. В. Лемішко, Є. О. Міщук, Р. С. Карпушин, Д. О. Міщук. - Житомир: Житомирська політехніка, 2021. С. 44–45. URL: https://conf.ztu.edu.ua/suchasni-problemy-ekologiyi/. (дата звернення: 10.04.2022).

4. Міщук Є. О., Назаренко І. І., Міщук Д. О. Дослідження основних параметрів механічного режиму вібраційних конусних дробарок. Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України: тези доп. Міжнар. наук.-практ. онлайн конф., присвяченої 20-й річниці з дня створення факультету конструювання та дизайну Національного ун-ту біоресурсів і природокористування України, 23–24 верес. 2021 р. К.: НУБіП України, 2021. С. 222–226. URL: http://dglib.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/8325. (дата звернення: 10.04.2022).

5. Пелевін Л. Є., Міщук Д. О., Рашківський В. П., Горбатюк Є. В., Аржаєв Г. О., Красніков В. Ф. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика: підручник. К.: КНУБА, 2015. 340 с. ISBN 978-966-2374-21-6.

REFERENCES

1. Nazarenko I. I., Tumanskaya O. V. (2004). Machinery and equipment for construction materials companies. Constructions and bases of operation: Textbook. Kyiv, Visch shkola, 504.

2. Mishchuk Ye. O., Nazarenko I. I., Mishchuk D. O. (2021). Definition of rational operating modes of a vibratory jaw crusher. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, (4), 56–62. https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-4/056 (date of access: 14.03.2022).

3. Lemishko D. V., Mishchuk Ye. O., Karpushin R. S., Mishchuk D. O. (2021). Ecological features of rotary crusher application. Modern problems of ecology: theses of the XVII All-Ukrainian. Science. online conf. applicants for higher education and young scientists from the International. participation, April 15. 2021. Zhytomyr: Zhytomyr Polytechnic, 44–45. URL: https://conf.ztu.edu.ua/suchasni-problemy-ekologiyi/. (date of access: 10.04.2022).

4. Mishchuk Ye. O., Nazarenko I. I., Mishchuk D. O. (2021). Investigation of the main parameters of the mechanical regime of vibrating conical fraction-rock. Modern problems and prospects of development of mechanical engineering of Ukraine: theses add. Interna-

tional. scientific-practical online conference dedicated to the 20th anniversary of the Faculty of Construction and Design of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 23–24 September, 2021, Kyiv, NUBIP, Ukraine, C. 222–226. URL: http://dglib.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/8325. (date of access: 10.04.2022).
5. Pelevin L. E., Mishchuk D. O., Rashkivsky V. P., Gorbatyuk E. V., Arzhayev G. O., Krasnikov V. F. (2015). Hydraulics, hydraulic machines and hydropneumatic automation: a textbook. Kyiv, KNUCA, 340. ISBN 978-966-2374-21-6.

УДК 66.047.4/.5:622.647.7

СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПРОФІЛЬНІЙ ВІБРУЮЧИЙ ПОВЕРХНІ

О.В. Федоскіна[1], М.М. Єрісов[2], В.О.Федоскін[3]

[1]кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: fedoskina.ev@gmail.com.

[2]асистент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: erisov@ukr.net.

[3]кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна, e-mail: fedoskin_va@ukr.net.

Анотація. У роботі наведена конструктивна схема та опис вібраційного стенду, який дозволяє проводити швидкісну відео зйомку процесу переміщення матеріалу за різним профілем робочої поверхні. Дана кадрограма процесу змішування матеріалів з фізико-механічними характеристиками, що відрізняються**.**

Ключові слова: стенд, процес, вібротранспортер, матеріал, відео зйомка, камера.

STAND FOR RESEARCH OF THE PROCESS OF INTERACTION OF FINE-GRAIN MATERIALS ON THE PROFILE VIBRATING SURFACE

O.V. Fedoskina[1], M.M. Yerisov[2], V.O. Fedoskin[3]

[1]Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering, Technical Aesthetics and Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: fedoskina.ev@gmail.com.

[2]Assistant, Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Dnepr, Ukraine, e-mail: erisov@ukr.net.

[3]Ph.D., Associate Professor of the Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: fedoskin_va@ukr.net.

Abstract. The constructive scheme and the description of the vibrating stand which allows to carry out high-speed video shooting of process of movement of material on various

profile of a working surface are resulted in work. This is a diagram of the process of mixing materials with different physical and mechanical characteristics.

Keywords: stand, process, vibroconveyor, material, video shooting, camera.

Вступ. У багатьох галузях промисловості знаходять широке застосування вібротранспортери [1]. Спочатку вони призначалися для транспортування сипких матеріалів. Подальше вдосконалення конструкції, способів розрахунку і досвіду експлуатації дозволили створити установки, які здатні ралізувати багато технологічних завдань: сепарація, змішування, сушіння та ін.[2].

Будучи досить простим у конструктивному виконанні, вібротранспортер є складною динамічною системою, де рух матеріалу залежить від багатьох параметрів: частоти коливань, амплітуди, величини збурюючої сили та ін. Істотний вплив на формування форми потоку матеріалу та його поведінку в процесі транспортування має профіль робочої поверхні.

При розробці математичних моделей, які описують процес транспортування, використовується значна кількість припущень, що знижує якість інформативного матеріалу. Одним з методів, що дозволяють отримати об'єктивні дані щодо процесу, є експериментальні дослідження, які можуть проводитися на стандартному і нестандартному обладнанні.

Мета роботи: на підставі отриманих результатів оцінити ефективність проведення експериментальних досліджень на розробленому стенді.

Матеріли досліджень. При розробці стенду враховувалася необхідність проведення швидкісної відеозйомки, формозміни поверхні, що транспортує, і варіювання параметрами: частота та амплітуда коливань робочої камери, величина та напрямок збурювальної сили, кут нахилу поверхні, що транспортує, характеристика повітряного потоку, жорсткість пружних елементів.

Стенд для проведення експериментальних досліджень (рис.1) складається з вібротранспортера 1, бункера - живильника 2, нагнітального 3 і витяжного 4 вентиляторів.

Вібротранспортер, конструктивна схема якого представлена на рис.2, має платформу 1, що є базою для встановлення конструктивних змінних елементів. Платформа розташована на амортизаторах 2. До нижньої поверхні платформи прикріплений, з можливістю переміщення, віброзбудник 3. Таке конструктивне рішення дозволяє керувати вектором збурюючої сили за допомогою переміщення віброзбудника в горизонтальній площині по напрямним 4 і поворотом у шарнірному з'єднанні 5. Віброзбудник має шість ступенів зміни статичного моменту дебалансів і з'єднаний з двигуном постійного струму за допомогою пелюсткової муфти.

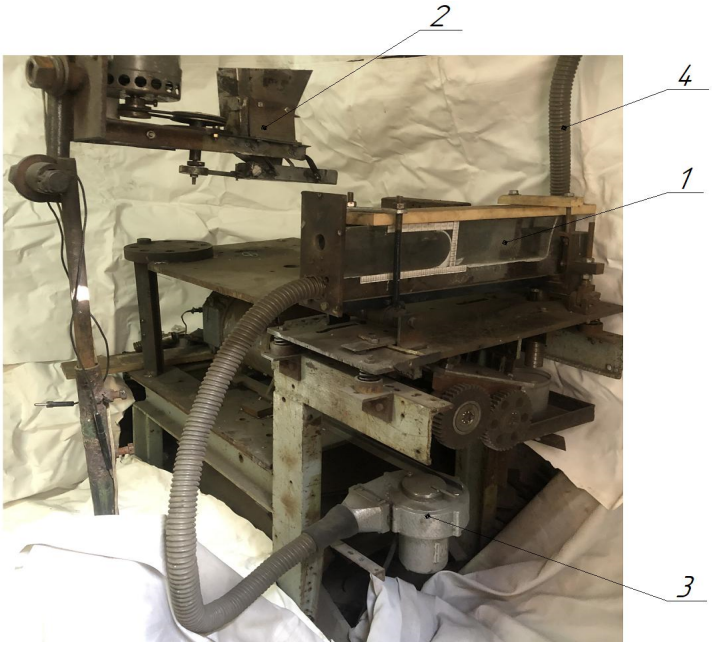


Рис. 1. – Загальний вигляд стенду

На верхній площині платформи встановлена камера 6, передня стінка 7 якої виконана з прозорого матеріалу. Шарнірне з'єднання 8 і вузол кріплення 9 дозволяють надавати куту нахилу робочої поверхні камери позитивні та негативні значення.

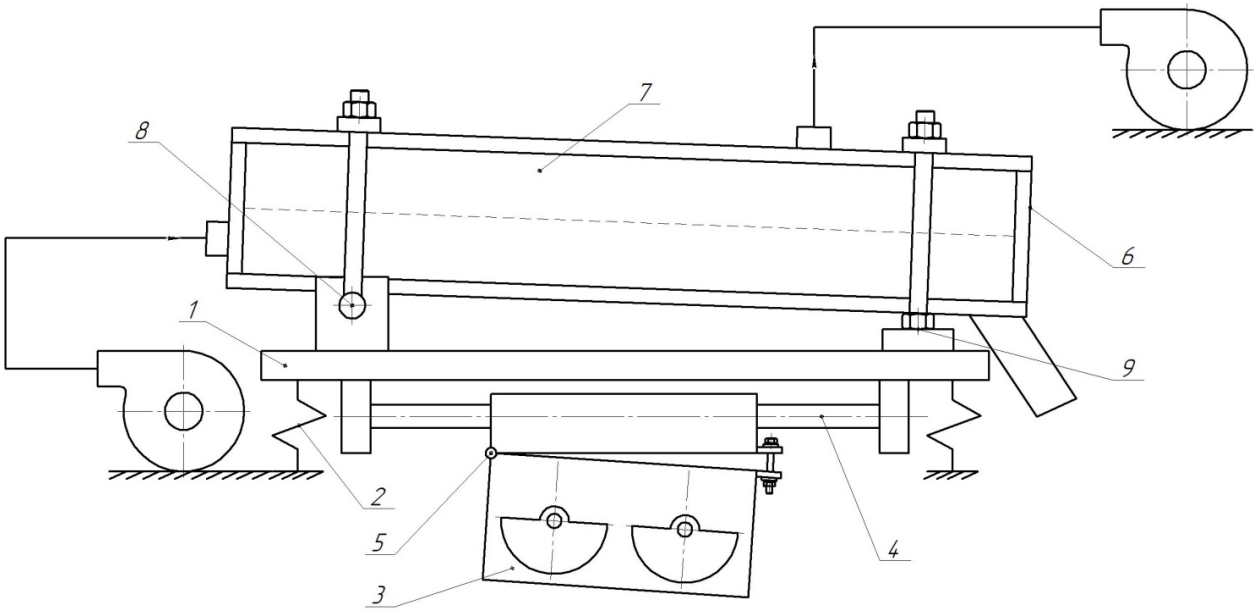


Рис. 2. – Конструктивна схема вібротранспортера

Вібротранспортер має такі параметри:

- Довжина 1000 мм.
- Ширина 800 мм.
- Висота 1300 мм.

Габарити камери:

- Довжина 600 мм.
- Ширина 80 мм.
- Висота 120 мм.
- Кут нахилу поверхні, що транспортує ±10 град

Камера може виконуватись багатоярусно. На рис.3 показаний варіант двоярусної камери зі ступінчастою робочою поверхнею та продувкою теплоносієм

Рис. 3. – Двоярусна камера

Як приклад розглянемо процес взаємодії двох різних матеріалів (кварцу та абразиву), що досліджується за допомогою швидкісної відеозйомки.

При роботі установки в стаціонарному режимі (рис.4) в камеру подано порцію абразиву. На пласкій ділянці камери абразив рухається монолітно, проникаючи під шар кварцу (рис.5). При досяганні криволінійного профілю починається інтенсивне змішування матеріалів (рис.6), яке закінчується (рис.7) отриманням однорідної маси.

Рис. 4. – Завантаження матеріалу. Початок процесу

Рис. 5. – Проникнення абразиву до кварциту – 1,3с

Рис. 6. – Змішування матеріалів – 2,5с

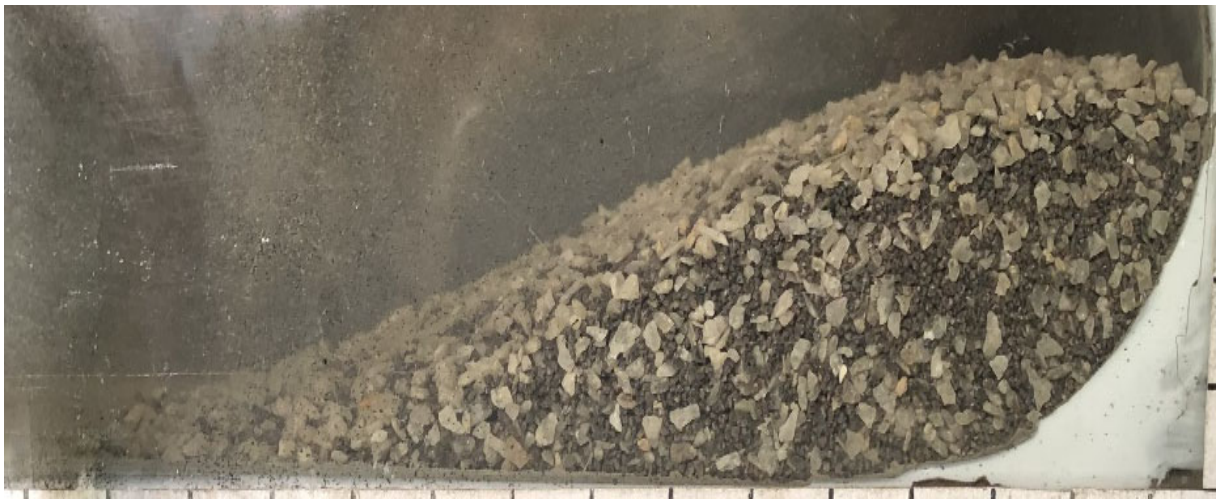


Рис. 7. – Закінчення процесу

Аналіз проведеної відеозйомки дозволяє створити фізичну картину руху матеріалу, визначити швидкість руху на різних ділянках, час проміжків процесу та ін.

Висновки. Таким чином, проведення експериментальних досліджень на розробленому стенді дозволяє отримати якісні та кількісні результати поведінки матеріалів у процесі транспортування та взаємодії з робочою поверхнею.

ЛІТЕРАТУРА

1. Потураев В.Н., Франчук В.П., Червоненко А.Г. Вибрационные транспортирующие машины// Основы теории и расчёта. – М: Машиностроение, 1964. – 272 с.

2. Потураев В.Н., Франчук В.П., Надутый В.П. Вибрационная техника и технологии в энергоёмких технологиях/ Монография.-Днепропетровск: НГА Украины, 2002. – 186 с.

УДК 621.9.011

МОДЕЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ПАЛИВНОГО БАКУ СПОРТИВНОГО АВТОМОБІЛЯ

К.А. Зіборов[1] , М.О. Мила[2]
[1]кандидат технічних наук, завідуючий кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one
[2]студент групи 132-18-2, e-mail: Myla.M.O@nmu.one
[1,2]Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна

Анотація. У роботі виконано аналіз умов експлуатації, інженерний та розрахунок методом скінчених елементів паливного бака. Це дозволяє коректно визначити характер навантаження на його стінки та отримати необхідну інформацію щодо здійснення аргументованого вибору матеріалу.

Ключові слова: метод скінчених елементів, паливний бак, навантаження, вибір матеріалу.

LOADING MODELING OF THE SPORTS CAR FUEL TANK

Kirirll Ziborov[1], Maria Myla[2]
[1]Ph.D., Head of Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one
[2]Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: Myla.M.O@nmu.one

Abstract. The analysis of operating conditions, engineering and calculation by the finite element method of the fuel tank is performed in the work. This allows to correctly determine the nature of the load on its walls and get the necessary information on the implementation of a reasoned choice of material.

Keywords: finite element method, fuel tank, load, material selection.

Вступ. Однією із систем двигуна, що забезпечує його живлення, безпеку та екологічність є паливна система (рис. 1). Надійність та економічність роботи двигуна великою мірою визначаються справним станом та правильним регулюванням приладів системи живлення, тому її правильна робота, крім економії палива, призводять до зниження жорсткості роботи двигуна, зменшення зносу деталей циліндропоршневої групи та газорозподільного механізму, збереження навколишнього середовища.

Паливний бак 1 (рис. 1) служить для зберігання запасу палива, необхідного для роботи двигуна. Одним із найважливіших факторів при виборі ма-

теріалу для виготовлення паливного бака є умови експлуатації. Від матеріалу, складності та необхідної точності форми виробу залежить спосіб його виготовлення.

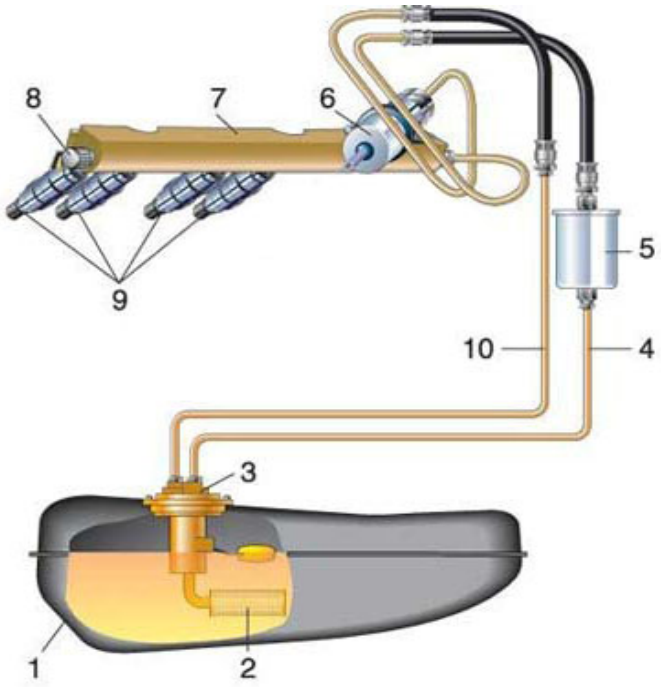


Рис.1. - Схема паливної системи:
1 – паливний бак; 2 – сітка електробензонасоса; 3 – електробензонасос; 4 – магістраль подачі палива; 5 – паливний фільтр; 6 – регулятор тиску; 7 – паливна рампа; 8 – штуцер; 9 – форсунки; 10 - магістраль зливу палива

Основними критеріями працездатності, які застосовуються до паливної системи автомобіля є зносостійкість, теплостійкість і міцність. Міцність – головний критерій працездатності більшості деталей. На міцність елементів паливної системи крім прикладених навантажень значно впливає їх зносостійкість і теплостійкість, оскільки, внаслідок виникнення корозії відбувається зменшення товщини стінок елементів паливної системи, а перегрів деталей призводить до погіршення механічних характеристик матеріалу. Тому необхідно вирішувати завдання у комплексній постановці, використовуючи сучасні засоби математичного та інженерного аналізу.

Застосування сучасних засобів проектування та дослідження матеріалу чи конструкції дозволяє, створюючи 3D-об'єкти, задавати властивості матеріалу та умови їх навантаження. З допомогою цих засобів можна візуалізувати отримані результати, що є сучасним рівнем проектування.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні параметрів матеріалу паливного бака, які відповідають умовам навантаження, з підвищенням показників його працездатності.

Матеріали і результати досліджень. Для того, щоб побудувати 3-D модель паливного бака, було використано програмний продукт компанії Autodesk – Fusion 360. Використовуючи цей комплексний інструмент для промислового дизайну та машинобудівного проектування, побудуємо 3-D модель паливного бака (рис. 2).

Паливний бак у нерухомому стані відчуває незначне навантаження - гідростатичний тиск (а надлишковий тиск, що виникає відразу компенсується вентиляційним клапаном і не робить істотний вплив на бак), тому результати розрахунку товщини стінки також дуже малі. Оскільки під час експлуатації паливний бак схильний не тільки до статичного навантаження, але і до динамічного, необхідно провести розрахунок навантаження бака в динаміці, а саме здатність опору зовнішній деформації при ДТП.

Згідно протоколу «Offset deformable barrier frontal impact testing protocol» проводиться випробування автомобіля при лобовому зіткненні на швидкості 64 км/год [1]. Тому для розрахунку перевантаження на стінки обрано швидкість даного випробування – 64 км/год (рис. 3).

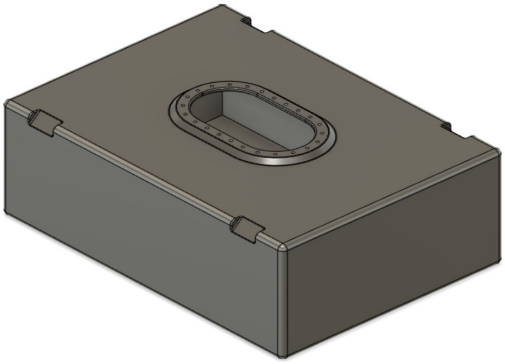


Рис. 2. – 3-D модель паливного бака

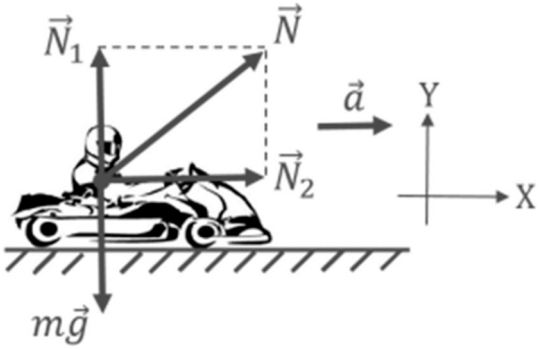


Рис. 3. – Розрахункова схема сил, діючих на автомобіль

Для визначення сили тиску на стінки бака, внаслідок випробування автомобіля при лобовому зіткненні на швидкості 64 км/год виконаємо розрахунок перевантаження [2]:

$$G = \frac{P}{mg} = \frac{N}{mg} = \frac{m\sqrt{g^2 + a^2}}{mg} = \frac{\sqrt{g^2 + a^2}}{g},$$

$$G = \frac{\sqrt{9.81^2 + 88{,}9^2}}{9{,}81} = 9{,}1$$

де, G –перевантаження;

P – вага, Н;

m – маса, кг;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9{,}81$ м/с^2;

N – реакція опори, Н;

a – прискорення, м/с^2.

$$a = \frac{v}{t_1},$$

$$a = \frac{17{,}78}{0.2} = 88{,}9 \text{ м/с}^2$$

де, $v = 64$ км/год $= 17{,}78$ м/с;

$t_1 = 0{,}2$ с – середній час зіткнення [3];

Далі визначаємо силу тиску на стінки бака :

$$F = G \cdot m,$$

$$F = 9.1 \cdot (60 + 8.1) = 619.71 \text{ кгс} = 6077{,}18 \text{ Н}$$

Отримане значення використовуємо для визначення напружено-деформованого стану паливного бака. Метод скінчених елементів (МСЕ) є потужним засобом математичного вирішення питань довговічності конструкцій [4]. З використанням МСЕ можна швидко визначити розподіл напруг і деформацій для пластин заданої товщини або в поперечному перерізі при спільній дії окремих сил і навантажень, що розтягують, з фіксованими або рухомими опорами.

Перед початком розрахунку МСЕ паливного бака, потрібно обрати матеріал, зафіксувати дно бака, та прикласти навантаження на більшу стінку у розмірі $6077{,}18$ Н (відповідно до розрахунку навантаження при зіткненні на швидкості 64 км/год) (рис. 4).

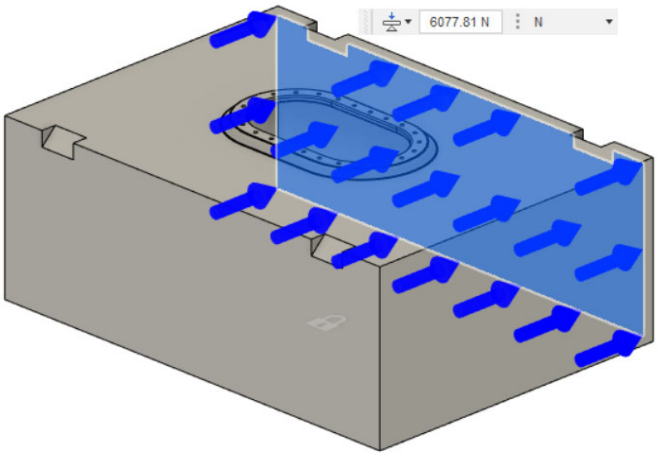


Рис. 4. – Підготовка 3D-моделі до розрахунку МСЕ

Після проведення симуляції навантаження паливного бака отримано такі результати :

1. Результати навантаження паливного бака з HDPE (рис. 5):

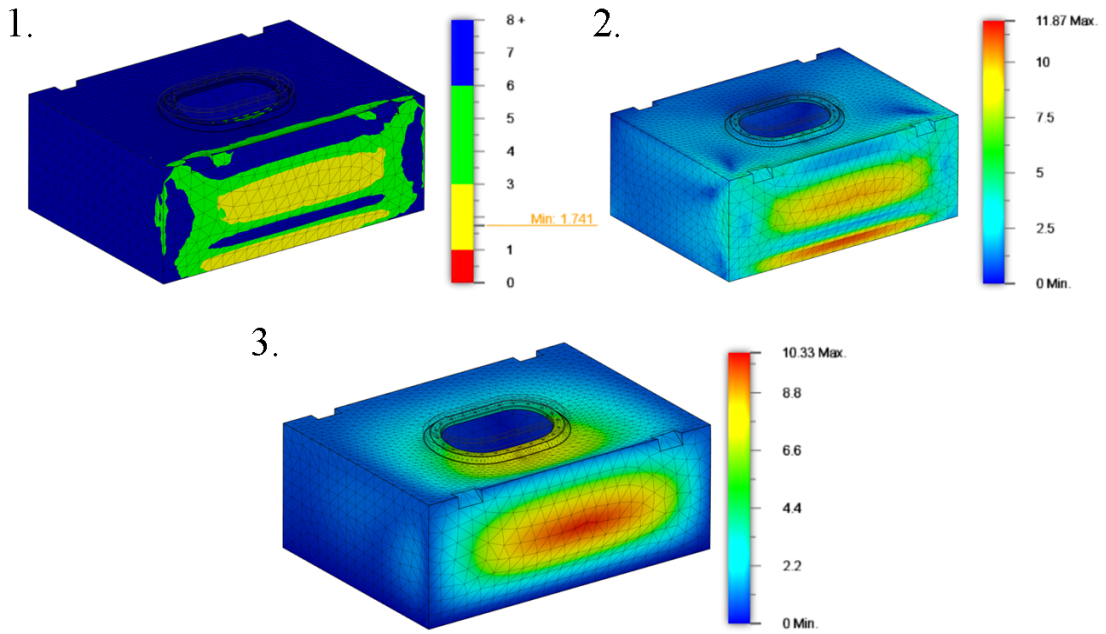


Рис. 5. – Діаграми стану паливного бака з HDPE:
1 – запас довговічності; 2 – максимальне напруження, МПа; 3 – деформація, мм

2. Результати навантаження паливного бака з алюмінію АМг2.5 (рис. 6):

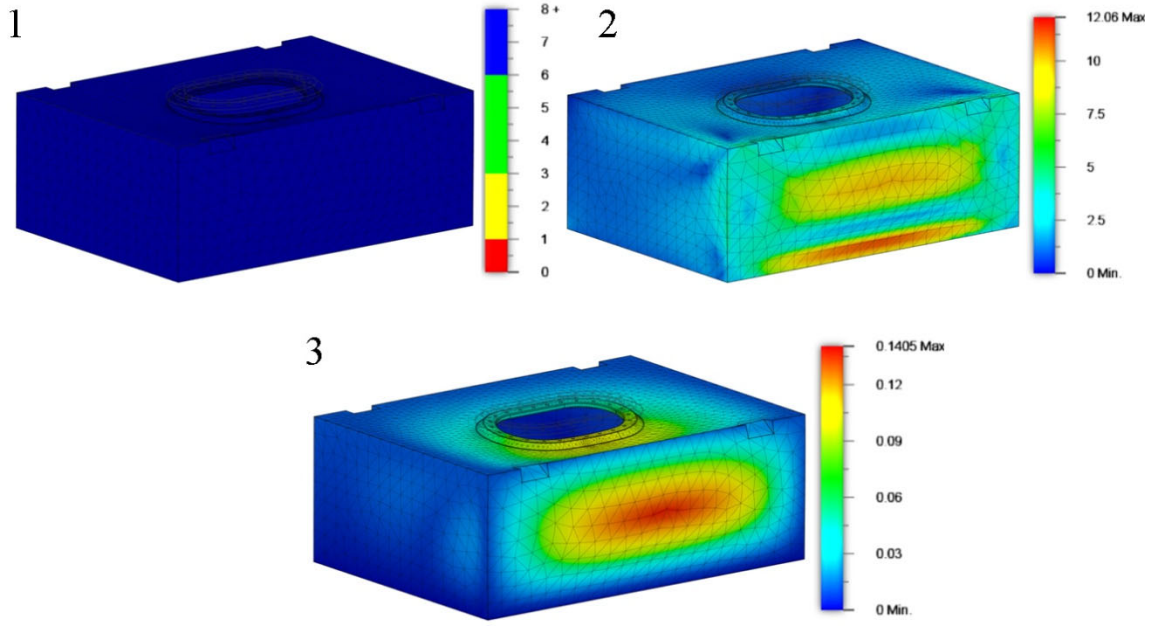


Рис. 6. – Діаграми стану паливного бака з АМг2.5:
1 – запас довговічності; 2 – максимальне напруження, МПа; 3 – деформація, мм

3. Результати навантаження паливного бака з AISI 304(08Х18Н10) (рис. 7):

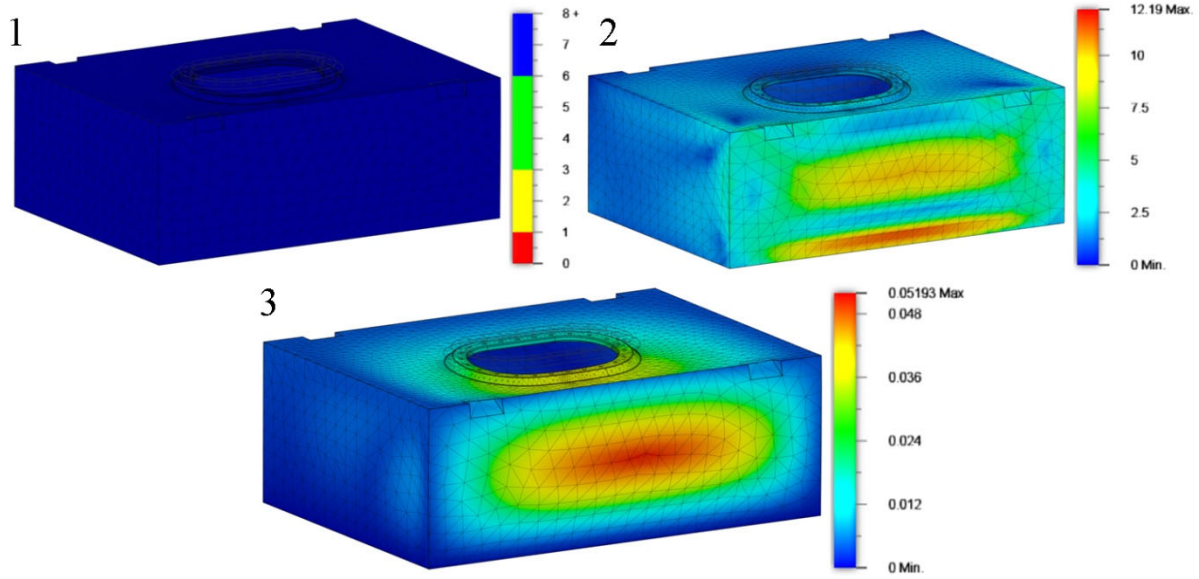


Рис. 7. – Діаграми стану паливного бака з AISI 304(08Х18Н10):
1 – запас довговічності; 2 – максимальне напруження, МПа; 3 – деформація, мм

Висновки. Виконаний аналіз умов експлуатації, інженерний та МСЕ розрахунок паливного бака дозволяє коректно визначити характер навантаження на його стінки та отримати необхідну інформацію щодо здійснення аргументованого вибору матеріалу.

Внаслідок проведеного МСЕ розрахунку отримані такі результати: для матеріалу HDPE запас міцності дорівнює 1.741, максимальна напруга 11.87 МПа, максимальна деформація 10,33 мм; для матеріалу АМг2.5 запас міцності >15, максимальна напруга 12,06 МПа, максимальна деформація 0,1405 мм; для матеріалу 08Х18Н10 запас міцності >15, максимальна напруга 12,19 МПа, максимальна деформація 0,05193 мм.

На підставі аналізу критеріїв працездатності та результатів МСЕ розрахунку був запропонований матеріал для паливного бака ATL LTD SA-AA-070: нержавіюча сталь AISI 304 (08Х18Н10).

ЛІТЕРАТУРА

1. Euro NCAP «Offset deformable barrier frontal impact testing protocol». Version 7.1.2, November 2017.

2. Расчёт перегрузки. Репетитор по математике и физике в Москве. URL: https://yourtutor.info/расчёт-перегрузки (дата звернення: 20.04.2022).

3. Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы по дисциплине «Расследование и экспертиза дорожнотранспортных происшествий» / сост: Шемшура Е. А. – Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2015. - 100 с.

4. Выполнение анализа методом конечных элементов (МКЭ) | AutoCAD Mechanical 2021 | Autodesk Knowledge Network. Home | Autodesk Knowledge Network. URL: https://knowledge.autodesk.com/ru/support/autocad-mechanical/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/RUS/AutoCAD-Mechanical/files/GUID-1D8D72B3-E0BF-4B40-9971-AFCD9480DA40-htm.html (дата звернення: 26.04.2022).

УДК 625.032

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ МАТЕРІАЛІВ ПРИ КОНТАКТНІЙ ВЗАЄМОДІЇ

К.А. Зіборов[1], А.М. Тесля[2]

[1]кандидат технічних наук, завідуючий кафедри конструювання, технічної естетики та дизайну, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

[2]аспірант, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна, e-mail: teslya.a.m@nmu.one

Анотація. У роботі розглядається визначення механічних властивостей поверхневого шару матеріалів та фізичних процесів, що відбуваються в зоні фрикційної взаємодії пари колесо-рейка. Надаються поради щодо збереження структурної однорідності та підвищення комплексу властивостей при взаємодії матеріалів.

Ключові слова: колесо-рейка, взаємодія, фрикційна пара, термообробка, колісний транспорт, контактна взаємодія.

THE SURFACE LAYER MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS IN CONTACT INTERACTION

Kirill Ziborov[1], Andrey Teslya[2]

[1]Ph.D., Head of Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

[2]Postgraduate, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: teslya.a.m@nmu.one

Abstract. The paper considers the mechanical properties determination of the materials surface layer and physical processes occurring in the frictional interaction zone of the wheel-rail pair. Advice on maintaining structural homogeneity and increasing the set of properties in the interaction of materials are given.

Keywords: wheel-rail, interaction, friction pair, heat treatment, railroad transport, contact interaction.

Вступ. В основі процесу зчеплення лежать фрикційні взаємодії, які здійснюються між вихідними ланками машин і зовнішнім середовищем [1].

Взаємодія тіл з рухомою точкою контакту являє собою основу фізичних процесів, пов'язаних з переміщенням вантажів, а також процесу кочення, що супроводжується зчепленням і реалізацією сили тяги або гальмування при виконанні основного робочого процесу [2].

Тому облік умов фрикційної взаємодії вихідних ланок транспортних засобів і зовнішнього середовища у взаємозв'язку з поверхневими явищами, що відбуваються на контактуючих елементах, а також їх вплив на механічні властивості матеріалів фрикційної пари, має важливе значення для вирішення проблеми підвищення тягово-гальмівних характеристик, надійності і безпеки руху, скорочення експлуатаційних витрат і, в цілому, збільшення продуктивності промислових підприємств.

Мета роботи полягає в визначенні механічних властивостей поверхневого шару матеріалів та фізичних процесів, що відбуваються в зоні фрикційної взаємодії пари колесо-рейка.

Матеріли та результати досліджень. Коефіцієнт зчеплення – це відношення тягового зусилля Q_{xy} так зване зусилля опору, прикладеного по дотичній до поверхні, яка контактує, до сили нормального тиску на цю поверхню Q_z:

$$f = \frac{Q_{xy}}{Q_z} = \frac{\tau}{p} \le \mu_0, \qquad (1)$$

де τ – зсувні напруги, що виникають на майданчику контакту; μ_0 – коефіцієнт граничного тертя.

Вид і стан поверхні контактуючих тіл, температура поверхні на майданчику контакту, наявність або відсутність мастила, геометричні та реологічні характеристики контактуючих тіл, характер прикладання навантаження та вид напруженого стану матеріалу на майданчику контакту – це найважливіші фактори від яких залежить коефіцієнт зчеплення.

Відстань, яку проходить точка одного тіла по поверхні іншого за час безперервного контакту, при коченні з проковзуванням не дорівнює добутку швидкості руху на час. Для ідеально твердих тіл це переміщення відсутнє, тому що, при як завгодно малій зміні кута повороту відбувається зміна контактуючих точок на обох тілах (рис.1).

Таким чином, при кожному оберті колеса 1 на опорному майданчику його на рейці 2 під дією зовнішніх сил і внутрішньої енергії матеріалу виникають пружні і пластичні деформації, внаслідок чого елементи фрикційної пари колесо–рейка вступають в контакт по майданчику кінцевих розмірів (рис. 1).

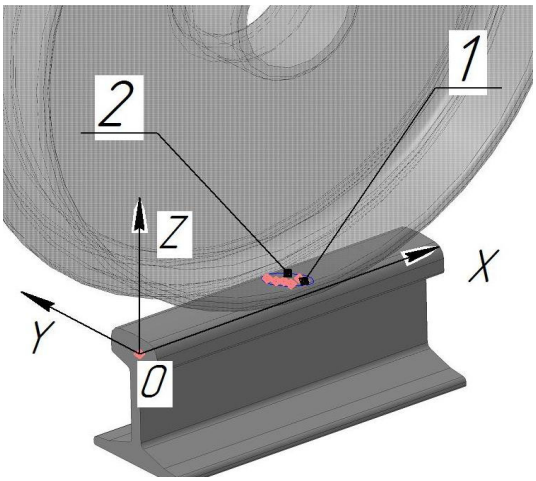


Рис. 1. – Опорна поверхня фрикційної пари колесо–рейка

Результатом високих фактичних тисків і швидкостей ковзання є порушення енергетично рівноважного стану фрикційної пари, що викликає появу значних температур в областях взаємодії і призводить до суттєвих змін властивостей поверхневих шарів, викликаючи в них механічні та температурні напруги, сприяючи протіканню хімічних реакцій, активізуючи взаємну дифузію [1, 2]. У поверхневих шарах матеріалів фрикційної пари (в першу чергу вихідних ланок транспортних засобів), що зазнають великі деформації, відбувається утворення і зростання тріщин, накопичення втоми, що в кінцевому рахунку, змінює їх геометрію і порушує умови нормального функціонування.

При вивченні цих процесів необхідно враховувати фізико-механічні властивості поверхневих шарів, які відрізняються від властивостей матеріалу, розташованого на значній відстані від його поверхні. Ця різниця з'являється в результаті хімічних і структурних перетворень, механічного та теплового впливу, зносу і контактної втоми матеріалів взаємодіючих поверхонь фрикційної пари колесо–рейка.

Підвищення температури істотно впливає на такі механічні характеристики конструкційних матеріалів, як повзучість і тривала міцність.

При дослідженні процесу контакту колеса з рейкою цей факт може грати велике значення, оскільки температура поверхонь в центрі плями контакту може перевищувати температуру навколишнього середовища на кілька сотень градусів [2], і при високих температурах, незважаючи на короткий термін її дії, метал змінює свої властивості. Номінальна твердість бандажа колісної пари HB_1 транспортного засобу менше ніж у рейки HB_2, тому при аналізі процесу приробітку деформується м'якший матеріал – бандаж колеса.

На рис. 2 представлена залежність, яка описує зміну усередненої температури на плямі контакту пари колесо–рейка від швидкості руху рейкового транспортного засобу. Як видно з графіка, із збільшенням швидкості руху рейкового транспортного засобу, температура в зоні контакту також майже лінійно зростає до швидкості 10–15 м/с. При швидкості 40–60 м/с крива виполажується, тобто температура в зоні контакту майже не змінюється.

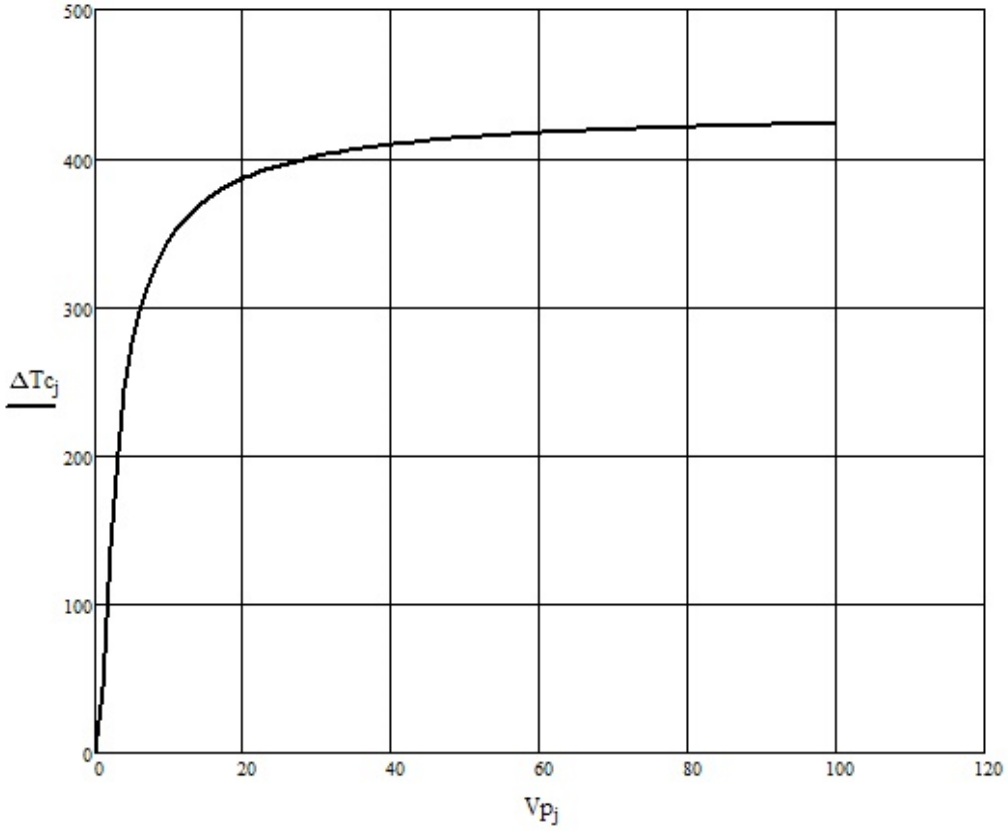
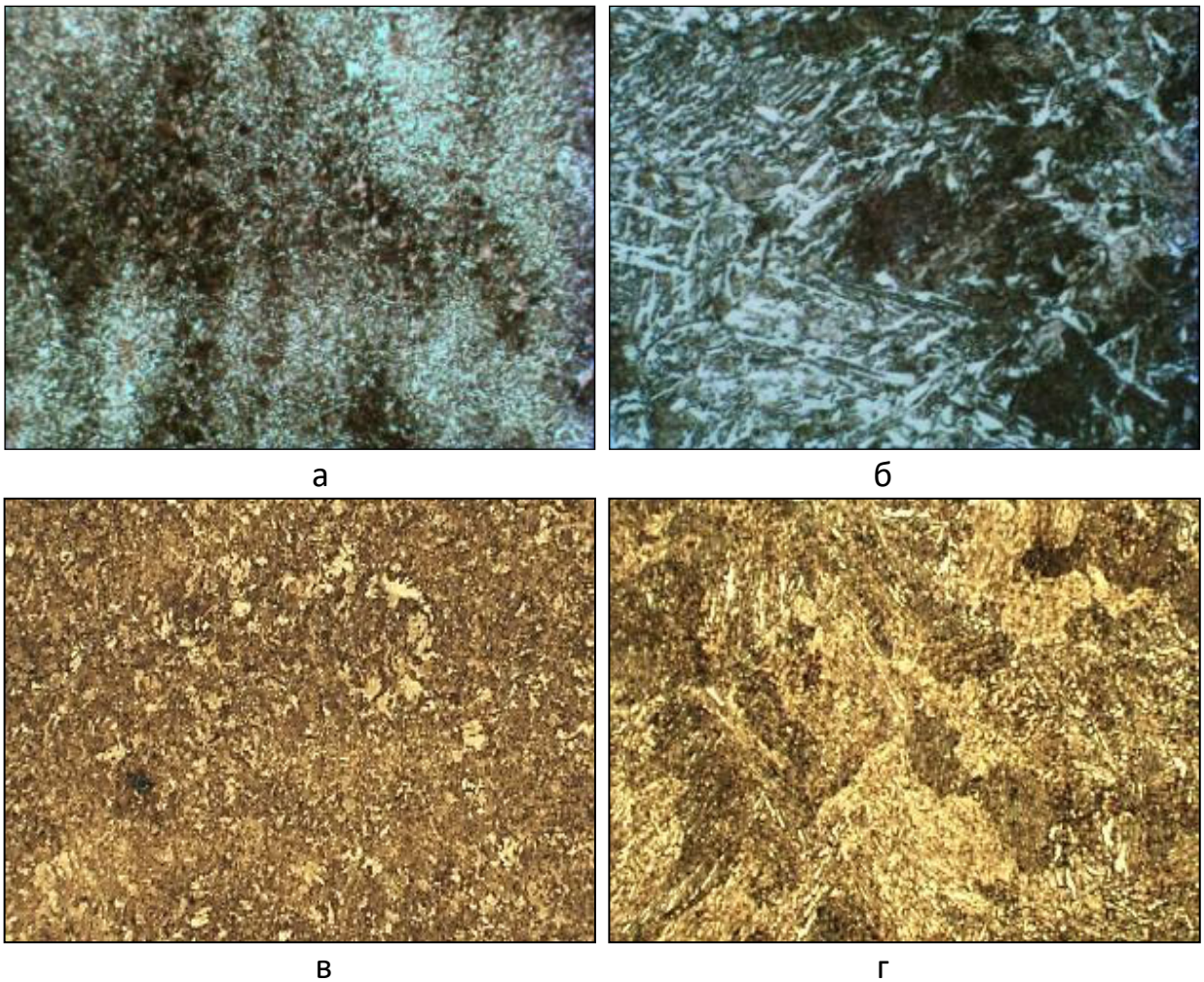


Рис. 2. – Значення усередненої температури на плямі контакту від швидкості руху рейкового транспортного засобу

У роботі [3] наведені результати дослідження впливу швидкості охолодження на формування структурного стану та рівень механічних властивостей сталей для залізничних коліс з різним вмістом вуглецю від 0,63 до 0,68%. Встановлено, що для сталі з вмістом вуглецю 0,63% ділянки зі структурою бейніту спостерігали при швидкостях охолодження більших за 14°С/с, а з подальшим зменшенням швидкості охолодження до 5°С/с структурні складові та їх співвідношення суттєво не змінювались та являли собою 96...97% перліту та 3...4% доевтектоїдного фериту. При охолодженні сталі з вмістом вуглецю 0,68% зі швидкістю охолодження 17°С/с структури бейніту спостерігали у кількості до 10%. При зменшенні швидкості охолодження формуються структури фериту та перліту. Швидкість охолодження 0,02°С/с

приводить до утворення максимальної кількості фериту до 10% та крупнопластинчатого перліту.

Після термічної обробки за запропонованої авторами [3] технологією спостерігали неоднорідну мікроструктуру: структура під поверхнею кочення являє собою відпущений мартенсит, в центральній області - мартенсит і бейніт в різному співвідношенні по перерізу. Ймовірно, це є результатом хімічної неоднорідності, яка виникає в результаті кристалізації сталі, і зі збільшенням кількості легуючих елементів може проявлятися більш інтенсивно (рис.3).



а б в г

Рис. 3 – Мікроструктура сталі колеса згідно AAR M-107/M-208: а, б – після охолодження з постійною витратою охолоджувача; в, г –після охолодження зі зміною витрати охолоджувача (а, в –× 100; б, г – × 800) [3]

З метою забезпечення структурної однорідності та підвищення комплексу властивостей було випробуване диференційне охолодження обода колеса на вертикальній гартувальній машині зі зміною інтенсивності тепло-

відводу шляхом зміни витрати охолоджувальної рідини в процесі охолодження від 0 до 60…65 м^3/год протягом перших 30 секунд. Мікроструктура дослідних залізничних коліс після диференційної термічної обробки наведена на рисунку 3 в, г.

Висновок. При взаємодії тіл з рухомою точкою контакту необхідно враховувати фізико-механічні властивості поверхневих шарів, які відрізняються від властивостей матеріалу, розташованого на значній відстані від його поверхні. Ця різниця з'являється в результаті хімічних і структурних перетворень, механічного та теплового впливу, зносу і контактної втоми матеріалів поверхонь фрикційної пари колесо–рейка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / Под ред. А.В. Чичинадзе – М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.

2. Франчук, В.П. Взаємодія тіл з рухомою точкою контакту / В.П. Франчук, К.А. Зіборов. – Дніпро: НГУ, 2017. – 96 с.

3. Бабаченко О. І., Кононенко Г. А., Рослик О. В., Майстренко К. М., Подольський Р. В. Розробка сталей для металопродукції залізничного призначення: монографія. Дніпро: «Домінанта-принт», 2020. – 298 с.

УДК 621.86

ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ РОЮ ЧАСТИНОК В ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМУ РУХУ МАНІПУЛЯТОРА

Д.О. Міщук[1], Є.О. Міщук[2], Є.В. Горбатюк[3]

[1]доцент кафедри будівельних машин, e-mail: mischuk.do@knuba.edu.ua

[2]доцент кафедри машин і обладнання технологічних процесів, e-mail: mischuk.ieo@knuba.edu.ua

[3]доцент кафедри будівельних машин, e-mail: ek_gor@i.ua

[1,2,3]Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. Застосування класичного методу рою частинок для пошуку оптимального режиму руху стріли маніпулятора за однієї з узагальнених координат має практичну цінність, так як дозволяє визначити розв’язки складних диференційних рівнянь руху, які мають значну аналітичну складність. В даному дослідження застосовано пошук цільової функції оптимізації у виді «енергії прискорень» механічної системи, пошук оптимального закону переміщення для якого здійснюється поліномом четвертого порядку.

Ключові слова: метод рою частинок, маніпулятор, оптимізація.

PRACTICE OF APPLICATION OF THE PARTICULAR SWARE METHOD IN THE PROBLEM OF OPTIMIZATION OF THE MOVEMENT MODE OF THE MANIPULATOR

D.O. Mishchuk[1], Ye.O. Mishchuk[2], Ie.V. Gorbatyuk[3]

[1]Associate Professor of the Department of Construction Machinery, e-mail: mischuk.do@knuba.edu.ua

[2]Associate Professor of Machinery and Equipment of Technological Processes, e-mail: mischuk.ieo@knuba.edu.ua

[3]Associate Professor of the Department of Construction Machinery, e-mail: ek_gor@i.ua

[1,2,3] Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. The application of the classical method of particle swarm to find the optimal mode of movement of the manipulator boom at one of the generalized coordinates has practical value, as it allows to determine solutions of complex differential equations of motion, which have significant analytical complexity. This study uses the search for the objective optimization function in the form of "acceleration energy" of a mechanical system, the search for the optimal law of displacement for which is carried out by a fourth-order polynomial.

Keywords: particle swarm method, manipulator, optimization.

Вступ. Для визначення оптимальних режимів руху вантажопідйомних машин і маніпуляторів, зокрема, застосовують цільові функції, які характеризують енергетичні витрати механічної системи, як наприклад кінетична енергія, енергія прискорень та енергія ривків [1, 2]. Цільові функції оптимізації зазвичай записують у виді інтегральних функціоналів [3]. Як правило, цільові оптимізаційні функції зазвичай описуються складними нелінійними формулами з багатьма незалежними параметрами, а це ускладнює пошук екстремумів класичними методиками пошуку [4].

Мета роботи полягає в демонстрації практичного застосування методу рою частинок для розв'язку задачі пошуку локального мінімуму заданого рівняння на деякому проміжку числових рішень.

Матеріал і результат досліджень. Згідно методу рою частинок, кожна частинка рою, яка рухається в просторі, описується своїм положенням та швидкістю переміщення, які визначають множину розв'язків заданого рівняння. Для оптимізації методом рою частинок необхідно визначити найвигідніших умов існування множини частинок на площині рішень заданої функціональної залежності [5]. Кожна частинка рою описуватиметься вектором з координатами її положення, які відповідатимуть параметрам цільової функції

$$p_i(\tau) = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_N \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де N – розмірність задачі; τ – момент часу, при якому розраховується дана точка координат.

Кожна частинка рою на початковому етапі розміщується випадковим чином в заданій області пошуку:

$$a_{k_\min} \le a_k \le a_{k_\max}, \tag{2}$$

де $a_{k_\min}$ та $a_{k_\max}$ – діапазон зміни коефіцієнтів цільової функції, яка підлягає оптимізація. Якщо $p_i(\tau)$ – положення i-ої частинки рою в момент часу τ, тоді рішення про те, яке положення ця частинка повинна зайняти приймається на основі поточного положення частинки та оновленої швидкості:

$$p_i(\tau) = f(a_1(\tau), a_2(\tau), a_3(\tau)); \tag{3}$$

$$p_i(\tau + \Delta\tau) = f(a_1(\tau + \Delta\tau), a_2(\tau + \Delta\tau), a_3(\tau + \Delta\tau)), \tag{4}$$

де

$$\begin{cases} a_1^i(\tau + \Delta\tau) = a_1^i(\tau) + \upsilon_{a_1}^i(\tau + \Delta\tau); \\ a_2^i(\tau + \Delta\tau) = a_2^i(\tau) + \upsilon_{a_2}^i(\tau + \Delta\tau); \\ \dots \\ a_N^i(\tau + \Delta\tau) = a_N^i(\tau) + \upsilon_{a_N}^i(\tau + \Delta\tau); \end{cases} \tag{5}$$

$$\begin{cases} \upsilon_{a_1}^i(\tau + \Delta\tau) = w_i \upsilon_{a_1}^i(\tau) + c_1 R_1 (p_{best\,a_1}(\tau) - a_1^i(\tau)) + c_2 R_2 (g_{best}(\tau) - a_1^i(\tau)); \\ \dots \\ \upsilon_{a_N}^i(\tau + \Delta\tau) = w_i \upsilon_{a_N}^i(\tau) + c_1 R_1 (p_{best\,a_N}(\tau) - a_N^i(\tau)) + c_2 R_2 (g_{best}(\tau) - a_N^i(\tau)), \end{cases} \tag{6}$$

де $p_{best}(\tau)$ – координати найкращого знайденого положення частинкою рою; $g_{best}(\tau)$ – координати найкращого положення всього рою; w_i, c_1, c_2 – вагові коефіцієнти; R_1, R_2 – незалежні випадкові числа з діапазону від 0 до 1, які застосовують як коефіцієнти залишкової пам'яті частинки.

Алгоритм роботи методу рою частинок наступний:

1. визначити та ініціалізувати функцію оптимізації;
2. задати діапазони зміни параметрів, які будуть визначатися даним алгоритмом та встановити кількість кроків ітерації;
3. задати кількість частинок рою та початкові координати кожної частинки;
4. визначити швидкості кожної частинки та розрахувати її нові координати;
5. для кожної частинки рою розрахувати значення функції оптимізації та визначити частинку, яка найкраще задовольняє задану умову функції оптимізації;
6. повторити пункти 4 та 5 задану кількість кроків ітерації.

Для маніпулятора з однією ступеню вільності, оптимальний динамічний режим руху визначається шляхом мінімізації інтегралу з підінтегральним виразом у виді функції «енергії прискорень» стрілової системи за узагальненою координатою:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} \frac{1}{2} J_{\Sigma\alpha} \left(\ddot{q}_1 \frac{\partial \alpha_1}{\partial q_1} + \dot{q}_1^2 \frac{\partial^2 \alpha_1}{\partial q_1^2} \right)^2 \to \min, \qquad (7)$$

де $J_{\Sigma\alpha}$ – момент інерції стрілової системи маніпулятора з вантажем, який зведено до осі її повороту (наближено прийнято $J_{\Sigma\alpha} = (\frac{1}{3} m_{cm} + m_в) l_{cm}^2$), m_{cm}, $m_в$ – маса стріли та вантажу відповідно; $l_{ст}$ – довжина стріли; q_1 – лінійна узагальнена координата; $\ddot{q}_1 = \frac{d^2 q_1}{dt^2}$ – лінійне прискорення штока гідроциліндра; $\dot{q}_1 = \frac{dq_1}{dt}$ – швидкість штока; $\frac{\partial \alpha_1}{\partial q_1} = \frac{q_1}{ab\sqrt{1 - \frac{(a^2 + b^2 - q_1^2)^2}{4a^2 b^2}}}$;

$\frac{\partial^2 \alpha_1}{\partial q_1^2} = -\frac{q_1^2 (a^2 + b^2 - q_1^2)}{2a^3 b^3 \sqrt{\left(1 - \frac{(a^2 + b^2 - q_1^2)^2}{4a^2 b^2}\right)^3}} + \frac{1}{ab\sqrt{1 - \frac{(a^2 + b^2 - q_1^2)^2}{4a^2 b^2}}}$; a, b – геометричні розміри встановлення гідроциліндра.

Розв'язок рівняння (7) аналітичними методами матиме складну форму залежності узагальненої координати від часу. Аналіз подібних задач, показав, що необхідно застосовувати числові методи, зокрема і метод роб частинок.

Застосовуючи метод рою частинок для поставленої задачі, поставлену цільову функцію перетворено та приведено до простої форми:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{-4q_1 (A_1 A_2 \dot{q}_1^2 + q_1 A_1^2 \ddot{q}_1)}{A_1^4} \right)^2 \to \min, \qquad (8)$$

де $A_1 = (a^2 - b^2) + q_1^2$; $A_2 = (a^2 - b^2) - q_1^2$.

Розв'язок отриманого функціоналу необхідно виконувати враховуючи обмеження на переміщення по узагальненій координаті за наступних умов: $q_1 = q_{1n}$, $\dot{q}_1 = 0$ при $t = t_0 = 0$ та $q_1 = q_{1k}$, $\dot{q}_1 = 0$ при $t = t_1$.

Таким чином розв'язок функціоналу (8) було подано у виді сплайн-функції четвертого порядку:

$$q_1(t) = C_1 + C_2 t + C_3 t^2 + C_4 t^3 + C_5 t^4, \qquad (9)$$

де C_1, C_2, C_3, C_4 , C_5 – невідомі коефіцієнти.

Визначивши першу та другу похідну залежності (9) та прийнявши задані крайові умови, отримано:

$$\dot{q}_1(t) = C_2 + 2C_3 t + 3C_4 t^2 + 4C_5 t^3; \qquad (10)$$

$$\ddot{q}_1(t) = 2C_3 + 6C_4 t + 12C_5 t^2 . \quad (11)$$

Із отриманих виразів знайдено: $C_1 = q_{1n}$; $C_2 = 0$; $C_3 = \frac{3}{t_1^2}\Delta q_1 + C_5 t_1^2$;

$C_4 = -\frac{2}{t_1^3}\Delta q_1 - 2C_5 t_1$, де $\Delta q_1 = q_{1k} - q_{1n}$.

Таким чином було сформовано цільову функцію оптимізації методом рою частинок

$$f_i(C_5) = I(C_5, t) , \quad (12)$$

де $I(C_5, t)$ – це значення функції (8) при заданих параметрах C_5 і t.

Для чисельної реалізації методу рою використано систему Mathematica. Алгоритм ініціалізації рою показано Рис. 1.

Висновки. Застосування методу рою частинок має практичне значення та дозволяє розв'язувати чисельним способом складні диференційні рівняння.

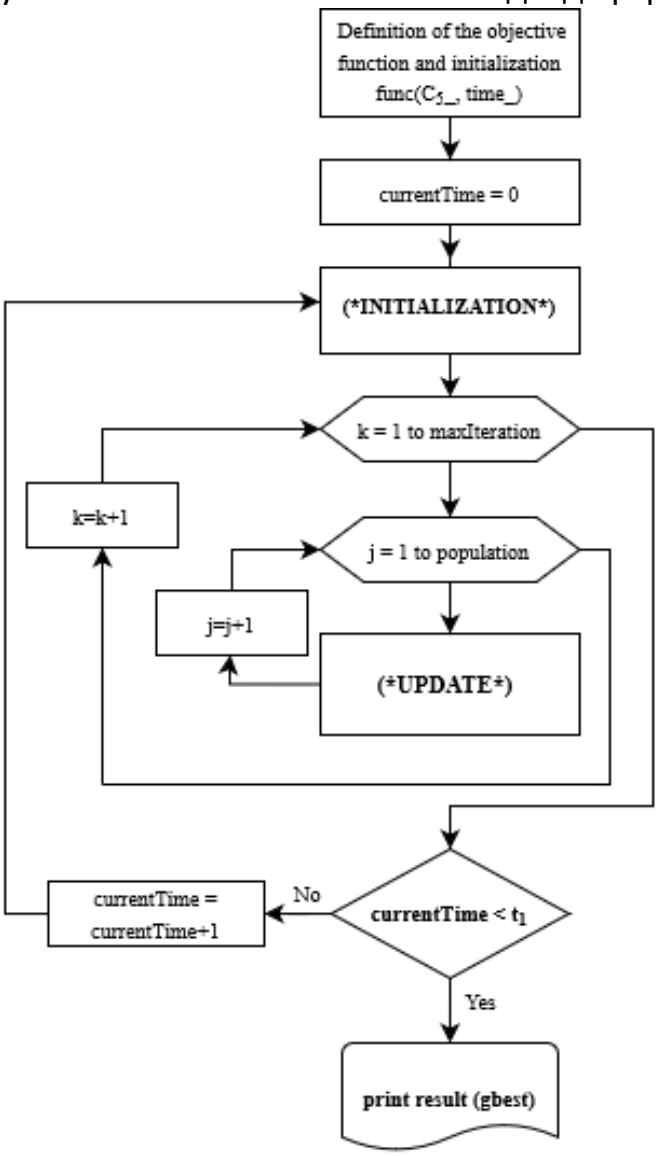


Рис. 1. – Загальний алгоритм розрахунку параметрів частинки рою

ЛІТЕРАТУРА

1. Ловейкін В. С. Оптимізація режимів зміни вильоту маніпулятора з гідроприводом. Монографія / В. С. Ловейкін, Д. О. Міщук. – Київ: ЦП «Компринт», – 2013. – 206.

2. Ловейкін В. Оптимізація режиму пуску механізму повороту стрілового крана за критерієм середньоквадратичного значення пружного моменту в приводі / В. Ловейкін, І. Кадикало // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, – 2017 – №90, 34–41. http://gbdmm.knuba.edu.ua/article/view/143520

3. Ловейкін В. С. Визначення оптимальних режимів руху маніпулятора за процес пуску (гальмування) під час роботи за однією з узагальнених координат / В. С. Ло-вейкін, Д. О. Міщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2009. – № 73. – С. 35-42.

4. Xu Zhaoyue & Du Lin. Particle swarm optimization-based algorithm of a symplectic method for robotic dynamics and control / Zhaoyue Xu, Lin Du, Haopeng Wang, Zi-chen Deng // Applied Mathematics and Me-chanics. – 2018 – P. 40. https://doi.org/10.1007/s10483-019-2412-6.

5. Міщук Д. Дослідження методу рою частинок в задачі оптимізації режиму руху маніпулятора за однією з узагальнених координат / Д. Міщук, Є. Міщук, Є. Горбатюк. // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, – 2021 – №98, 11–20. https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.98.0201.

REFERENCES

1. Lovejkin V. S., Mischuk D. O. (2013). Optimizaciya rezhimiv zmini vilotu manipulyatora z gidroprivodom. Monografiya. [The optimization modes of change departure the manipulator with hydraulic drive. Monograph]. Kyiv, CP Komprint Publ., 206.

2. Lovejkin V., Kadikalo I. (2017). Optimization of the starting mode of the jib crane mechanism by the criterion of the RMS value of the elastic moment in the drive. Girnichi, budivelni, dorozhni ta melioralivni mashini [Mining, construction, road and melioretion machines], (90), 34–41. – (in Ukrainian). http://gbdmm.knuba.edu.ua/article/view/143520.

3. Lovejkin V. S., Mishuk D. O. (2009). Viznachennya optimalnih rezhimiv ruhu manipulyatora za proces pusku (galmuvannya) pid chas roboti za odniyeyu z uzagalnenih koordinat [Determining the optimal modes of movement of the manipulator for the process of starting (braking) while working on one of the generalized coordinates]. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini, [Mining, Constructional, Road and Melioration Machines], No.73, 35-42. – (in Ukrainian).

4. Xu, Zhaoyue & Du, Lin & Wang, Haopeng & Deng, Zichen. (2018). Particle swarm optimization-based algorithm of a symplectic method for robotic dynamics and control. Applied Mathematics and Mechanics. 40. https://doi.org/10.1007/s10483-019-2412-6.

5. Mishchuk D., Mishchuk Ye., Gorbatyuk Ie. (2021). Research of the particle swarm method in the problem of optimizing the mode of motion of the manipulator along one of the generalized coordinates. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and melioretion machines], (98), 11–20. – (in Ukrainian). https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.98.0201.

УДК 621.833

ПОШУК ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ МАСИ ЗАКРИТИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

С.В. Шатов[1], І.М. Мацюк[2], Е.М. Шляхов[3]

[1]доктор технічних наук, професор кафедри будівельних і дорожніх машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, м Дніпро, Україна, e-mail: shatov.sv@ukr.net

[2]кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м Дніпро, Україна, e-mail: shlyahove@nmu.org.ua

[3]доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м Дніпро, Україна, e-mail: shlyahove@nmu.org.ua

Анотація. В роботі викладено результати пошуку шляхів зменшення маси одноступінчастого зубчастого циліндричного редуктора за рахунок застосування більш міцних сталей для зубчастих коліс.

Ключові слова: закрита механічна передача, редуктор, зниження ваги, зубчаста передача, міжосьова відстань

SEARCHING WAYS TO REDUCE THE CLOSED GEARS MASS

Sergey Shatov[1], Irina Matsiuk[2], Eduard Shlyakhov[3]

[1]Ph.D., Department of Construction and Road Machines, Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro, Ukraine, e-mail: shatov.sv@ukr.net

[2]Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: shlyahove@nmu.org.ua

[3]Associate Professor, Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: shlyahove@nmu.org.ua

Abstract. The article presents the results of the search for ways to reduce the weight of a single-stage gear cylindrical gearbox through the use of stronger steels for gears.

Keywords: closed mechanical transmission, gear reducer, weight reduction, gear, center distance

Вступ. Загальновідомо, що запаси розвіданих корисних копалин і, зокрема, залізних руд, зменшуються. У зв'язку з цим скорочення обсягів металу при виробництві промислової продукції є актуальним завданням.

Раніше автори розглядали шляхи скорочення потрібної маси металу при виробництві закритих зубчастих передач на прикладі одноступінчастого зубчастого циліндричного редуктора за рахунок оптимізації корпусних деталей [1, 2]. Оптимізація зводилася до заміни ненавантажених ділянок металевих деталей корпусу на неметалеві, що дозволяло зменшити його масу.

Інший шлях – зменшення товщини ненавантажених ділянок чавунних стінок до технологічного мінімуму. Ці заходи дозволяли зменшити загальну масу корпусу та його кришки в залежності від передаваємої потужності на 12-20%. На рис. 1 зображено корпус одноступеневого редуктора з видаленими ділянками, що майже не навантажені. Ці ділянки можна заповнити неметалевими вставками, наприклад, з пластику. Пластик має відповідати певним вимогам таким, як міцність, жорсткість, теплостійкість тощо.

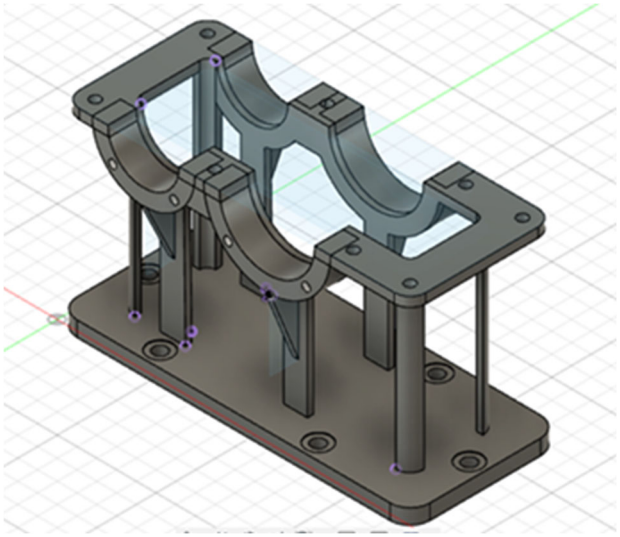


Рис. 1. – Корпус одноступеневого редуктора з видаленими ненавантаженими ділянками

Зменшення маси редуктора може бути зроблено за рахунок заміни сталевих зубчастих коліс неметалевими. Серед таких матеріалів можна назвати пластмаси, вуглепластики, полімери тощо.

Навантажувальна здатність зубчастих коліс з неметалевих матеріалів значно нижча, ніж сталевих, тому їх використовують у слабонавантажених передачах, до габаритів яких не пред'являється жорстких умов, але потрібне зниження шуму та вібрацій, самозмащування або хімічна стійкість. Зубчасті колеса з неметалевих матеріалів найчастіше використовують у парі з металевими.

Певні резерви економії металу при виготовленні редукторів полягають у використанні більш міцних сталей для зубчастих коліс, що призводить до зменшення міжосьової відстані і, як слідство, до зменшення розмірів і маси редуктора в цілому.

Мета роботи. Оцінити ступінь зниження маси закритої механічної передачі на прикладі одноступінчастого зубчастого циліндричного редуктора за рахунок застосування міцніших сталей для зубчастих коліс.

Матеріал і результати роботи. Для оцінки можливості зменшення металоємності корпусних деталей закритих зубчастих передач за рахунок застосування високоміцних сталей для виготовлення зубчастих коліс, було виконано розрахунки двох редукторів із різними сталями зубчастих коліс. Потужність редукторів, що передається, була прийнята величиною 30 кВт. Розрахунок виконано за методикою [3].

Для першого редуктора прийняті наступні марки сталей для зубчастих колес: для шестерні сталь 40ХН (твердість зубів HRC48-50), для колеса сталь 40Х (твердість зубів HRC45-48). Для другого редуктора прийнята сталь 45 з різними термообробками, що забезпечують твердість зубів: шестерні НВ280, колеса НВ250.

У комп'ютерній програмі Fusion 360 , були розроблені 3D-моделі двох варіантів редукторів (рис. 2, 3). Перший редуктор має міжосьову відстань 140 мм, але порівняно велику висоту, що зумовлено необхідністю мати певний об'єм мастильної рідини. Другий редуктор з міжосьовою відстанню 224 мм для розміщення аналогічної кількості мастила має меншу висоту.

З огляду на [1] маси одноступінчастих циліндричних редукторів, що виготовляються промисловістю, з такими значеннями міжосьових відстаней відрізняються більше ніж у два рази.

Що стосується суто корпусів редукторів, отримано зменшення їхніх мас з 31,2 до 25,9 кг, тобто на 16,9 % за рахунок обрання більш твердих сталей для зубчастих коліс для одного з них.

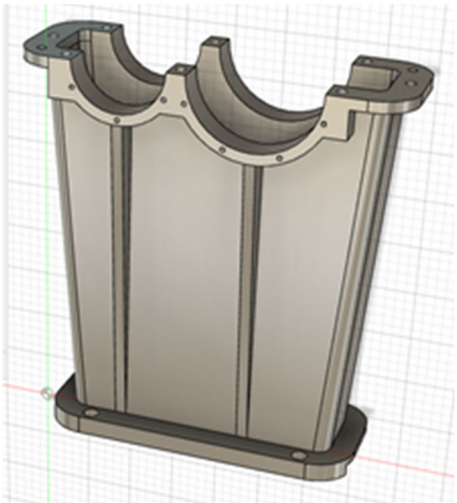


Рис. 2. – Редуктор з міжосьовою відстанню 140 мм.

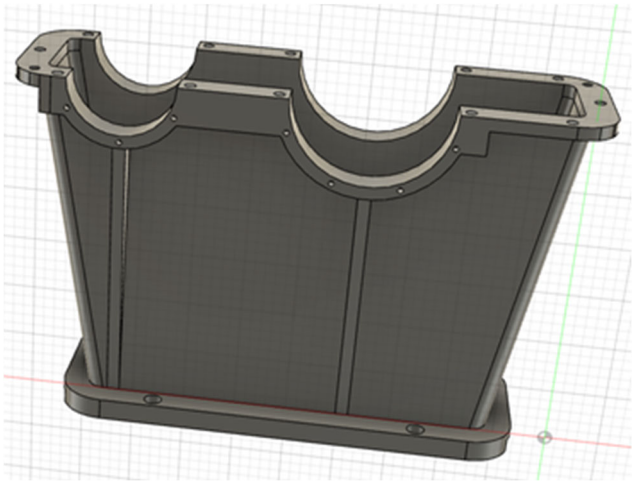


Рис. 3. – Редуктор з міжосьовою відстанню 224 мм.

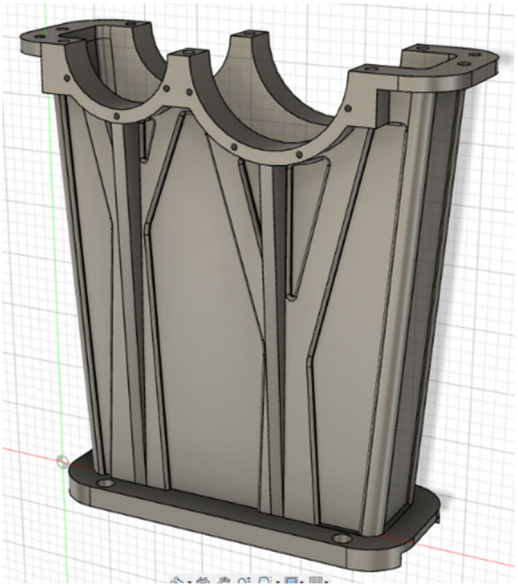


Рис. 4. – Полегшений корпус першого редуктора

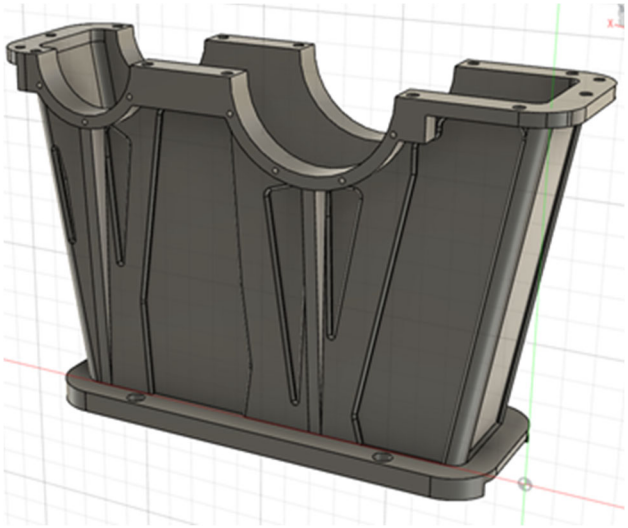


Рис. 5. – Полегшений корпус другого редуктора

В подальшому за допомогою опції Shape Optimisation у Fusion 360 була проведена топологічна оптимізація цих корпусів, що дозволило ще зменшити їх маси за рахунок прийняття мінімальної товщини стінок ненавантажених ділянок. Зовнішній вигляд цих корпусів показано на рис. 4, 5.

Висновки. Перспективним напрямом зменшення металоємності закритих механічних зубчастих передач є пошук оптимальних конструктивних рішень за рахунок використання більш міцних сталей для зубчастих коліс. Такі зубчасті колеса коштують дорожче, але загальна вартість редуктора буде меншою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шатов С.В. Про створення полегшених конструкцій закритих зубчастих передач / С.В. Шатов, І.М. Мацюк, Е.М. Шляхов // Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry 2020 (CITEPTMTI'2020). Conference Proceedings. (2020) Ukraine, Dnipro: DUT, 140-144 p.p.

2. Шатов С.В. Конструкції полегшених закритих зубчастих передач/ С.В. Шатов, І.М. Мацюк, Е.М. Шляхов // Збірник наукових праць Національного гірничого інститута, №62, 2020, 187-195 с.с.

Проців В.В. Проектування редукторів з використанням САПР КОМПАС [Текст]: навч. посібник / В.В. Проців , К.А. Зіборов, О.М. Твердохліб - Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 178 с.

УДК 351/354: 004.01; 330.47

ЕЛЕКТРОННИЙ ДОКУМЕНТООБІГ НА СЕРВІСАХ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

В.В. Крівда[1], Д.К. Кандрашин[2], А.М. Тесля[3]

[1]Кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: vitaliy.krivda@gmail.com

[2]Студент гр. 274-18-1, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: kandrashyn.d.k@nmu.one

[3]Аспірант, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

Анотація. Тема присвячена проблемам застосування системи електронного документообігу в сервісах автомобільного транспорту.

Ключові слова: електронний документообіг, електронний документ, електронний підпис, керування автомобільним сервісом.

ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT ON ROAD TRANSPORT SERVICES

V.V. Krivda[1], D.K. Kandrashyn[2], A.N. Teslya[3]

[1]Ph.D., Associate Professor of the Department of Automotive and Automotive Industry of the Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: vitaliy.krivda@gmail.com

[2]Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: kandrashyn.d.k@nmu.one

[3]Postgraduate, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. This topic is dedicated to the problems of the introduction of electronic document management systems in organizations.

Keywords: electronic document management, document archive, electronic document, electronic signature, management, service.

Вступ. Електронний документообіг - високотехнологічний і прогресивний підхід щодо суттєвого підвищення ефективності роботи органів державної влади і місцевого самоврядування. Гарантією успішної роботи органів влади завжди є ефективна діяльність державних службовців. Але для якісного обслуговування потреб громадян вчорашні методи обробки інформації вже не є найкращими [1].

Найважливішим носієм інформації, особливо у діловій сфері, є численні форми та види документів. В даний час організація роботи з документами передбачає організацію документообігу установи, зберігання документів та їх використання у поточній діяльності установи.

Документи – один із основних засобів ділового спілкування. Електронним документом, що передається каналами зв'язку, визнається інформація, підготовлена, відправлена, отримана або збережена за допомогою електронних, магнітних, оптичних або аналогічних засобів, включаючи обмін інформацією в електронній формі та електронну пошту.

Мета роботи. Аналіз систем електронного документообігу (СЕД) у організації, котрі займаються транспортної діяльністю. Розгляд ключових особливостей та понять електронного документообігу.

Матеріали і результати досліджень.

Поняття «документ» широко застосовується у всіх сферах діяльності. На міжнародному рівні найбільш загально визнаним є визначення документа як запису інформації, що може бути використаний як одиниця в документаційному процесі. У відповідності зі стандартами ІСО, інформація може бути зафіксована у будь-який спосіб, тобто не тільки за допомогою знакового письма, але й зображення, звуку тощо.

Головною складовою документа є інформація, тобто найрізноманітніші дані, відомості, повідомлення, знання тощо. Для документа є характеристикою також стабільна матеріальна форма, тобто документ являє собою єдність матеріальної форми і інформації, яка в ній зафіксована. Ділова сфера — одна з основних життєво необхідних галузей діяльності людства. За допомогою ділових паперів, документів, листів встановлюються офіційні, службові, ділові, партнерські контакти між закладами, підприємствами, установами, державними органами, а також налагоджуються приватні стосунки між людьми.

Ділове спілкування ведеться державною мовою; в Україні такою мовою є українська.

Від об’єктивності, достовірності, оперативності, юридичної сили документів залежить якість рішень, що приймаються. Однією з причин неякісного прийняття управлінських рішень, особливо органами державного управління та місцевого самоврядування, є слабка теоретична і практична підготовка багатьох працівників, котрі недостатньою мірою володіють комплексом встановлених методів, способів і прийомів роботи з документами; у деяких випадках до негативних наслідків призводить незнання вимог Держстандартів, що встановлюють порядок оформлення документів.

Діловодство (справочинство) — це діяльність, що охоплює питання документування і організації роботи з документами в процесі здійснення управлінських дій [2-4].

На жаль, подібного терміну, що однозначно відповідає вітчизняному «документообігу», у західному комп'ютерному словнику немає. Залежно

від специфіки програмного продукту, що описується, в пресі можна зустріти наступні відповідності між терміном «документообіг» і західними термінами [3-5]:

DMS (Document Management Systems) – у літературі для даного терміну є точніший переклад – «архіви документів»;

DocFlow-системи – системи маршрутизації документів;

WorkFlow-системи – точніше цей термін перекладається як «системи автоматизації бізнес-процесів», є й інший переклад даного терміну – «системи підтримки управління».

Електронний підпис - аналог власноручного підпису, що є засобом захисту інформації, що забезпечує можливість контролю цілісності та підтвердження справжності електронних документів.

Основні засади електронного документообігу [1-5]:

- одноразова реєстрація документа, що дозволяє однозначно ідентифікувати документ;

- можливість паралельного виконання операцій, що дозволяє скоротити час руху документів та підвищення оперативності їх виконання;

- безперервність руху документу, що дозволяє ідентифікувати відповідального за виконання документу (завдання) у кожен час життя документу (процесу).

- єдина (чи узгоджена розподілена) база документної інформації, що дозволяє виключити можливість дублювання документів;

- ефективно організована система пошуку документу, що дозволяє знаходити документ, маючи мінімальну інформацію про нього;

- розвинена система звітності за різними статусами та атрибутами документів, що дозволяє контролювати рух документів за процесами документообігу та приймати управлінські рішення, ґрунтуючись на даних зі звітів.

Електронний документообіг має свої переваги та недоліки.

Впровадження систем електронного документообігу дозволяє [4-6]:

- повністю автоматизувати процес роботи з документами у роботі автосервісу;

- забезпечити організацію роботи з віддаленими користувачами та групами користувачів (замовлення, прийом необхідного обладнання, запасних частин, експлуатаційних матеріалів та ін.);

- забезпечити інтеграцію із зовнішніми системами електронної пошти;

- нарощувати базові можливості системи електронного документообігу за допомогою модульності та наявності вбудованих інструментальних засобів (мобільні електронні засоби для фіксації та контролю етапів робіт);

- забезпечити процес одночасної роботи у системі необмеженого числа користувачів;
- підвищити ефективність роботи з документами;
- підвищити корпоративну культуру роботи з документами;
- значно зменшити обсяги паперового документообігу;
- скоротити час на обробку та пересилання документів, час пошуку документів, час погодження та затвердження проектів документів;
- забезпечити всі документаційні процеси з одночасним використанням електронних та паперових версій документів;
- впорядкувати процес реєстрації всіх видів документів (реєстрація з електронної пошти та web-форм, підтримка потокового сканування, реєстрація файлів будь-якого формату);
- забезпечити управління потоками робіт (передача документів між виконавцями);
- забезпечити процес роботи із взаємопов'язаними документами;
- забезпечити управління документом протягом усього життєвого циклу;
- забезпечити прозорість всіх процесів з моменту створення документу до моменту його здачі в архів;
- збереження історії роботи з документами (облік часу та авторів усіх дій з документом, збереження робочих коментарів, підтримка версійності приєднаних файлів);
- простежити історію створення документу;
- забезпечити чіткий процес узгодження та затвердження документів;
- вибудувати налагоджену систему доручень;
- забезпечити чіткий контроль виконавчої дисципліни;
- сортувати документи за будь-якими критеріями;
- забезпечити пошук інформації з різних атрибутів та повнотекстовий пошук;
- забезпечити автоматизацію збору та аналізу статистичних даних про рух документів;
- забезпечити архівне зберігання електронних образів документів;
- забезпечити регламентацію прав доступу;
- забезпечити миттєвий доступ до документів;
- зменшити кількісні втрати документів.

Останнім часом з'явилися нові терміни, близькі до теми автоматизації документообігу – Document Warehousing (сховища документів) і Knowledge Management (управління знаннями). Проблеми, що стоять за цими термінами, перебувають у тому ж ставленні до задач автоматизації документоо-

бігу, в якому завдання організації сховищ даних (Data Warehousing) та оперативного аналізу даних (OLAP) відносяться до систем оперативної обробки транзакцій (OLTP). Таким чином, системи даного класу є подальшим розвитком систем документообігу та необхідні для структуризації та довгострокового зберігання великих масивів, накопичених в організації документів, а також оптимального пошуку необхідної інформації у масиві різноманітних накопичених документів.

Завдання автоматизації документообігу лежить на стику традиційних «паперових» технологій роботи з документами та нових комп'ютерних технологій. Додаткові складнощі викликаються тим, що досі чітко законодавчо не закріплено статусу електронного документа. Існують певні складнощі із сертифікацією систем електронного підпису та систем забезпечення таємності доступу до документів [6].

Завдання документообігу не є ізольованим технологічним ланцюжком у бізнес-процесі організації, рух документів тісно інтегрований з іншими підзавданнями, що вирішуються інформаційною системою організації. Таким чином, система автоматизації документообігу повинна забезпечувати прикладні інтерфейси, що дозволяють вбудовувати функції передачі та збереження документів до прикладних систем, що функціонують в організаціях, в яких вона впроваджується.

Все перераховане дозволяє зробити висновок, що система автоматизації документообігу – досить складний механізм. Система документообігу підприємства включає безліч підсистем, побудованих за допомогою програмних продуктів, як правило, створених різними виробниками. Система автоматизації документообігу може по-різному інтерпретуватися, залежно від розміру організації та специфіки її діяльності.

Електронний документ – на відміну від образу документа, що також є файлом, у собі містить змістовну інформацію, яка може бути використана, наприклад, для пошуку документу або віднесення його до тієї чи іншої групи. Наприклад, це може бути текст або електронна форма Microsoft Word, таблиця Excel, повідомлення у форматі електронної пошти Internet. Файли документів можуть бути «сирими», тобто не містити у собі структурних елементів (звичайні текстові документи), чи структурованими. Останні містять елементи структури, що дозволяють зовнішнім додаткам отримувати інформацію про окремі елементи інформації (форми Word, електронні таблиці, документи у форматі XML). Ще одним різновидом цієї групи документів є файли складових документів, наприклад, файли Binder Microsoft Office.

Функції автоматизації діловодства включають фіксацію документів у спеціальній базі даних, що виражається у заповненні спеціальної картки документа. Структура документів, зафіксованих у базі даних, спирається на так звану номенклатуру справ, що є, як правило, у кожній організації, а технологія обліку та обробки документів спирається на сформульоване в цій організації положення про діловодство.

Архів документів – те, що, власне, зберігає електронний документ. При цьому може зберігатися або образ документу, або його зміст, або те й інше. Крім зберігання документів, архів повинен забезпечувати навігацію по ієрархії документів та їх пошук.

На відміну від систем попереднього класу, в архівах зберігаються самі документи, тому система повинна забезпечувати розмежування прав доступу до документів. Користувач може ідентифікуватися або за допомогою мережевого імені, або за допомогою спеціального імені та пароля, визначеного в системі керування архівом. Окрім розділення прав доступу на рівні користувачів, система повинна забезпечувати виділення груп користувачів або ролей.

Також система електронного документообігу має свої недоліки. Їх варто брати до уваги при прийнятті рішень щодо впровадження систем електронного документообігу. Якщо компанія впроваджує систему електронного документообігу з самого свого заснування, то стресів у співробітників воно не викликає. Але якщо це не так – усе нове може стикнутися із труднощами.

Наступний недолік - це різке збільшення потоку документообігу. Як результат – сервери перевантажуються, знижується продуктивність праці. За наявності паперового документообігу такий різкий ривок неможливий.

І ще одна вада - це збільшення трудовитрат як наслідок збільшення документообігу. Роботодавець не встигає адекватно реагувати на подібні стрибки у прийнятті рішень з кадрових питань. Обсяги зростають, тоді як штатний склад залишається тим самим.

Основною проблемою впровадження системи електронного документообігу є модернізація технічної інфраструктури, у тому числі придбання необхідного обладнання (джерела безперебійного живлення, сервери тощо) та програмного забезпечення (ПЗ). Потім проводиться встановлення програмного забезпечення на сервер та робочі місця користувачів, а також налаштування системи відповідно до організаційної структури компанії.

Іншою проблемою є навчання персоналу навичкам роботи із системою електронного документообігу. Етап навчання часто поєднується із початком експлуатації системи. Як правило, користувачі отримують базові знання

щодо роботи в системі електронного документообігу в групах, що формуються залежно від їхньої ролі в системі. Отримані знання закріплюються на робочих місцях за консультаційної підтримки спеціалістів, які проводили використання системи електронного документообігу.

Досвідчена експлуатація системи документообігу проводиться з метою виявлення прихованих відхилень від технічного завдання та неврахованих вимог. У разі їх виявлення проводиться відповідне коригування налаштувань системи електронного документообігу.

Процес впровадження СЕД, незалежно від сфери діяльності організації, чисельності її персоналу та території присутності – складний багатоетапний процес, який необхідно реалізовувати у всіх організаціях, оскільки дана система дозволить систематизувати, полегшити та підвищити ефективність роботи всієї організації.

Система документообігу удосконалюватиметься у процесі експлуатації разом із прогресом інформаційних технологій та розвитком організації.

Представимо найбільш популярні на ринку системи [6-9]:

"ІнтерТраст", Company Media;

LanDocs, «Ланіт» [11];

Optima Workflow, "Оптіма";

"Бос-Референт", "АйТі";

"Справа", "Електронні офісні системи".

Крім того, останнім часом потужну рекламну політику проводить компанія "Документум Сервісіз", офіційний дистриб'ютор Documentum, Inc. Тому систему Documentum також включено в огляд, хоча насправді її треба було б порівнювати не з системами документообігу, а з платформами для їх побудови, наприклад, IBM Content Manager, Lotus Domino.Doc, Oracle Collaborate Suite і т.д., [8-11].

Висновок. Таким чином, сенс застосування автоматизованої системи документообігу у тому, щоб позбавити бюрократичну машину діловодства від паперових завалів. Саме для виконання цієї мети використовується електронне діловодство та електронний документообіг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Додаткова література "Електронний документообіг" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://vseosvita.ua/library/dodatkova-literatura-elektronnij-dokumentoobig-125496.html

2. Документ та документаційне забезпечення управління в Україні. Сайт «Государство для общества» [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.govforc.com/index.php?id=265

3. Дубов Д.В. Основи електронного урядування: навч. посіб. / Д.В. Дубов, С.В. Дубова; Міністерство освіти і науки України, Київський Національний університет культури і мистецтва. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 175 с.

4. Дятлова Н. Документация в информационном обществе: современные технологии документооборота/ Н. Дятлова// Архивы и справаводства. – 2007. – № 1. – С. 44-48.

5. Журнал «Секретарь-референт» № 1, 2011 Електронний цифровий підпис (у запитаннях і відповідях) Анатолій Хілінський [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.trainings.ua/article/2113.html

6. Івахненков С. В. Інформаційні технології в організації бухгалтерського обліку та аудиту: навч. посіб. / С. В. Івахненков. – 4-те вид., випр. і допов. – К.: Знання, 2008. http://pidruchniki.com/12090613/buhgalterskiy_oblik_ta_audit/osoblivosti_elektronnogo_dokumentoobigu

7. Кислюк К. В. Спеціальне документознавство: модульний курс: навч. посіб. – К.: Кондор, 2011. – 192 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://westudents.com.ua/knigi/72-spetsalne-dokumentoznavstvokislyuk-kv.html

8. Вибір системи електронного документообігу. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://fossdoc.com/vybor-sed

9. Козлова Н.С. Система управління електронним документообігом на підприємстві. Н.С. Козлова, Білоусько Т. М. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://dspace.uccu.org.ua/

10. Корнута В.А. Основи організації електронного документообігу. СЕРІЯ: Довідково-інформаційні матеріали. Випуск 58/12. – Івано-Франківськ, 2012. – 44 с.

11. Microsoft Dynamics [Elektronnyy resurs]. URL: http://www.microsoft.com/ruru/dynamics/_xml/Clients/descriptions/872.as px (data obrashcheniya: 12.12.2016).

УДК 656.025.4

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ МІНІМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ РИЗИКІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВЕЛИКОВАГОВОГО І НЕГАБАРИТНОГО ВАНТАЖУ (ГУСЕНИЧНИЙ БУЛЬДОЗЕР "KOMATSU D155AX-6")

С.І. Чеберячко[1], О.В. Дерюгін[2], М.Ю. Приходько[3]

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

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

[3]студентка групи 275-19ск-1, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна, e-mail: mailto:prykhodko.m.y@nmu.one

Анотація. В роботі обґрунтовано заходи з усунення логістичних ризиків при перевезенні великовагового і негабаритного вантажу автомобільним транспортом.

Ключові слова: *великоваговий і негабаритний вантаж, логістичний ризик, автомобільні вантажні перевезення, вантажний автопоїзд, низькорамний напівпричіп-трал, система кріплення вантажу.*

JUSTIFICATION OF MEASURES FOR LOGISTIC RISKS MINIMIZATION IN THE TRANSPORTATION OF HEAVY AND OVERDOOR CARGO (CATERPILLAR BULLDOZER 'KOMATSU D155AX-6')

Serhiy Cheberyachko[1], Oleg Deryugin[2], Margarita Prikhodko[3]

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

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

[3]Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: prykhodko.m.y@nmu.one

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

Keywords: *heavy and oversized cargo, logistical risk, road freight transport, freight road train, low-frame trawler, cargo fastening system.*

Вступ. Транспортування великовагового і негабаритного вантажу (далі – ВіНВ) – є одним з найскладнішим типом вантажних автомобільних перевезень (далі - ВАП). Перевагами та недоліками транспортного процесу перевезення ВіНВ з використанням того чи іншого виду транспорту залежать від: типу вантажу, його габаритних розмірів, інформації про вагу, маршрутних вимог, часу на транспортування, обсягу перевезення, специфічних умов і вимог до перевезення [1-5]. Отже використання автомобільного транспорту при транспортуванні ВіНВ зумовлено його основною перевагою над іншими видами транспорту – перевезення ВіНВ від місця завантаження до замовника вантажу без додаткових транспортних операцій, які пов'язані з перевантаженням вантажу. Тому можна зробити висновок, що автомобільний транспорт є одним з основних, який задіяний в даному сегменті вантажних перевезень.

Мета роботи. Метою дослідження є розробка управлінських рішень, спрямованих на підвищення ефективності ВАП ВіНВ за рахунок мінімізації логістичних ризиків (далі - ЛР) на відповідних етапах транспортного процесу перевезень.

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

- сформувати структуру ЛР, які мають вагомий вплив на ефективність ВАП ВіНВ;

- провести комплексне оцінювання ЛР при виконанні ВАП ВіНВ;
- запропонувати управлінські рішення, які спрямовані на мінімізацію ЛР при здійсненні ВАП ВіНВ.

Матеріали і результати дослідження. Для досягнення поставленої мети скористаємось "Functional Resonance Analysis Method" (далі - метод "FRAM"). В його основі є визначення впливу змінних функцій в складних системах, наприклад "водій-автомобіль-дорога-навколишнє середовище" (далі –ВАДС), на ймовірність появи тих чи інших факторів, які можуть погіршити безпеку ВАП. Для виявлення вказаних факторів запроваджено шість різних аспектів: час, контроль, вихід, ресурс, передумови та вхід (рис. 1), що дозволяє визичити системну взаємодію кожної функції, яка спрямована на знаходження потенційних джерел резонансу – втрату надійності [6, 7].

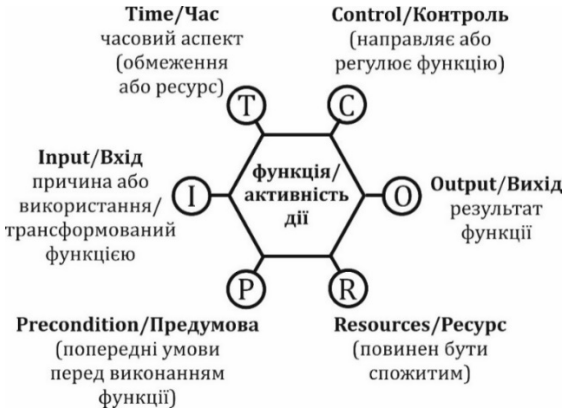


Рис. 1. – Функціональний шестикутник методу "FRAM" [6, 7].

Для визначення ЛР транспортного процесу ВАП ВіНВ скористаємося матрицею ризику. Матриця ризиків є одним із найпопулярніших інструментів оцінки ризиків. Оскільки індекс ризику (*IR*) зазвичай виражається як добуток наслідків (*CW*) та ймовірності (*LW*) події під час її настання і визначається за наступною формулою [8].

$$R_i = CW_i \cdot LW_i, \quad (1)$$

де R_i – індекс ризику;
CW_i – наслідки;
LW_i – ймовірність настання події.

В формулі (1) CW_i та LW_i представляють вагу наслідків та вагу імовірності *i*-го фактору ЛР, відповідно, який можна розрахувати шляхом агрегування експертного судження з лінгвістичними виразами в нечіткому середовищі.

Оскільки експерти, висловлюють свої оцінювання приблизними значеннями, експертне судження може виражатися такими лінгвістичними виразами, як: низький, середній, високий тощо. На цій основі нечітке число (як

функція залежності) може бути прийнято для представлення невизначеного судження експерта, яке широко використовується в різних галузях, включаючи розслідування аварій [9], оцінки ЛР [10-12], прийняття рішень, спрямованих на мінімізацію ЛР [13-17]. Нечіткі числа означають ступінь залежності вимірюваних елементів до набору переваг, а лінгвістичні вирази можуть бути перетворені у вигляді нечітких чисел з трикутною функцією (далі - *TFN*) і нечітких чисел з трапецієподібною функцією (далі - T_rFN_s). Відповідно до визначення нечіткого числа, припустимо, що нечітка множина позначена як $A = (a, m, n, b)$, тоді функція-член T_rFN_s виглядає наступним чином:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} (x-a)/(a-m) & x \in [a,m] \\ 1 & x \in [a,m] \\ (b-x)/(b-n) & x \in [n,b] \\ 0 & в\ іншому\ випадку \end{cases}, \quad (2)$$

У рівнянні (2) $a \le m \le n \le b$, a і b представляють нижню і верхню межу T_rFN_s, відповідно. m і n представляють модальне значення. Якщо $m = n$, функція залежності T_rFN_s перетворюється на *TFN*, тобто форму *TFN*, $B = (a, m, b)$, можна отримати як:

$$\mu_B(x) = \begin{cases} (x-a)/(a-m) & x \in [a,m] \\ (b-x)/(b-m) & x \in [m,b] \\ 0 & в\ іншому\ випадку \end{cases}, \quad (3)$$

Для розрахунку ЛР використовувалася вага ймовірності та наслідків факторів ЛР, які були визначені за даними експертного оцінювання транспортного процесу перевезення ВіНВ. Було розроблено опитувальник експертів з п'ятьма дієслівними виразами для визначення ЛР: дуже низький, низький, середній, високий, дуже високий для визначення ймовірності та наслідків факторів впливу ЛР на відповідних етапах ВАП ВіНВ. В табл. 1 наведено лінгвістичні вирази для визначення рівня ЛР.

Таблиця 1. – Лінгвістичні вирази для визначення рівня ЛР

Лінгвістичний вираз	Скорочення	Значення показника
Дуже низький	*ДН*	(0, 0.1, 0.2)
Низький	*Н*	(0.1, 0.25, 0.4)
Середній	*С*	(0.3, 0.5, 0.7)
Високий	*В*	(0.6, 0.75, 0.9)
Дуже високий	*ДВ*	(0.8, 0.9, 1)

На основі експертного висновку з застосуванням лінгвістичних виразів (табл. 1), вага ймовірності та наслідків факторів ЛР можуть бути отримані шляхом об'єднання значень T_rFN_s в чіткі значення. Припустимо, що експерт

E^k (k = 1, 2, 3 · · · n), висловлює свою конкретну точку зору щодо i-го фактору ЛР за допомогою попередньо визначеного набору лінгвістичних виразів, ці лінгвістичні вирази можуть бути перетворені у відповідні значення T_rFN_s, $P_i^k = \left(a_i^k,\ m_i^k,\ n_i^k,\ b_i^k\right)$ (див. табл. 1). Індекс ЛР, значення, якого розглядалося як вага ймовірності та наслідку i-го фактору ЛР, можна отримати за допомогою рівнянь (4 і 5):

$$P_i^{'} = \frac{P_i^1 \oplus P_i^2 \oplus P_i^3 \ldots P_i^n}{n} = \left(a_i^{'},\ m_i^{'},\ n_i^{'},\ b_i^{'}\right), \tag{4}$$

$$P_i = \frac{a_i^{'} + m_i^{'} + n_i^{'} + b_i^{'}}{n}. \tag{5}$$

При транспортуванні ВіНВ задіяно багато видів транспортної діяльності, з підготовчих операцій і закінчуючи розвантаженням вантажу в пункті призначення. Весь ланцюг ВАП ВіНВ охоплює три основні процеси: отримання транспортного замовлення, підготовка до транспортування та завершення транспортування. В результаті, було сформовано дев'ять основних функцій ТТС перевезення ВіНВ:

F1 - аналіз вагових і розмірних характеристик вантажу;
F2 - розробка системи кріплення вантажу;
F3 - аналіз відповідності ТЗ перевезенню відповідного типу вантажу;
F4 - контроль кваліфікації водія;
F5 - контроль технічного стану ТЗ;
F6 - контроль психофізіологічного стану водія;
F7 - контроль процесу транспортування вантажу;
F8 - контроль дотримання маршруту і графіку руху ТЗ;
F9 - контроль розвантаження вантажу.

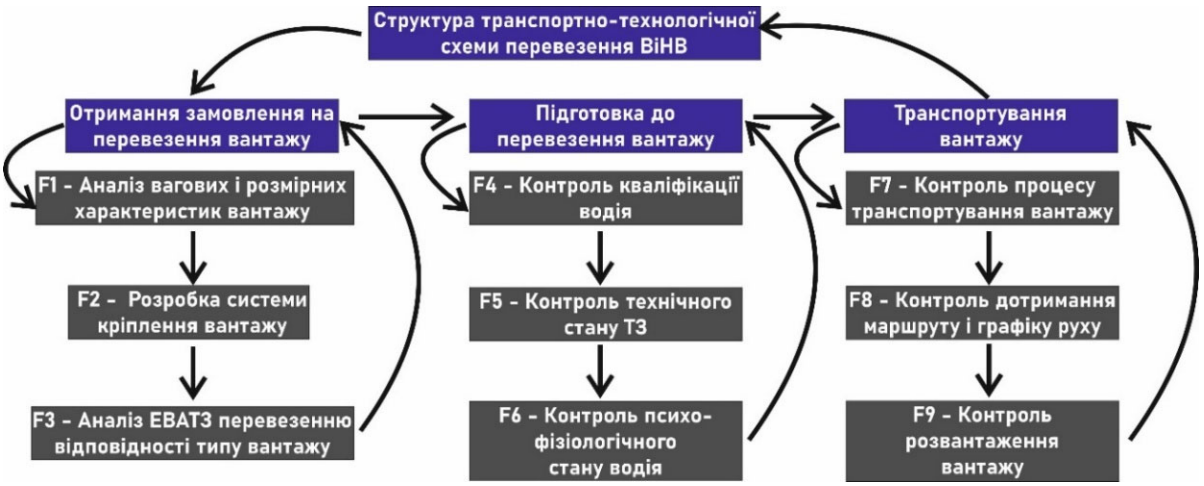


Рис. 2. – Основні функції транспортного процесу перевезення ВіНВ

Для підвищення надійності ВАП ВіНВ важливо знайти слабкі процеси (функції) під час перевезення, які в результаті можуть призвести до небажаного результату – інциденту, викликаного порушенням алгоритму транспортного процесу. Для цього проведемо дослідження факторів ТТС ВАП ВіНВ за допомогою "FRAM"-аналізу, що складається з чотирьох основних кроків.

Результати.

Крок перший. Описуємо етапи ВАП ВіНВ у відповідності до шістьох аспектів даного методу. Для кожної складової ВАП ВіНВ: подачі ВА під завантаження; завантаження вантажу; транспортування вантажу; розвантаження вантажу в пункті призначення з'ясовуємо, що є вхідним елементом, який запускає функцію, передумовою для її роботи та необхідними ресурсами, важливо зрозуміти як контролюється її виконання у заданий час для одержання кінцевого результату – виходу функції (табл. 2) з аналізу яких визначаємо фактори, які найбільше впливають на транспортний процес.

Крок другий. Визначення мінливості функцій. Стан продуктивності функції можна представити за допомогою чотирьох категорій: функція виконана відмінно і вчасно; функція виконана задовільно і вчасно; функція виконана задовільно, але невчасно; і останнє - функція виконана незадовільно і невчасно.

3 Крок. Визначення функціонального резонансу. На даному етапі виникає задача у встановлені списку найбільш впливових факторів ТТС ВАП ВІНВ на виконання функцій, які визначають із загальних умов продуктивності. На рис. 2 наведено побудову транспортного процесу перевезення ВіНВ (гусеничний бульдозер "Komatsu D155AX-6") РС ПАП за допомогою методу "FRAM".

4 Крок. Управління змінами. Числові значення показника "IFA", які представляють вплив факторів транспортного процесу на вихідні дані відповідних функцій, що потребує відповідних змін в організації ВАП.

Для ефективного визначення факторів ЛР ВАП ВіНВ був проведений аналіз основних небезпек, які впливають на його якість і продуктивність, шляхом перегляду випадків з даних отриманих на підприємстві, які сталися в наслідок різноманітних причин.

Таблиця 2. – Визначення основних функцій елементарного транспортного процесу перевезення ВіНВ

Елемент функції "FRAM"	Зміст дії	Зміст транспортної операції
1	2	
1 етап - Підготовка автомобільних вантажних перевезень		
"I"	*З чого починається функція?* Аналіз габаритних і вагових характеристик ВіНВ; аналіз експлуатаційних властивостей ТЗ; аналіз кліматичних умов навколишнього середовища; підбір РС для перевезення ВіНВ; розробка маршруту руху; складання розкладу руху; передрейсовий технічний огляд ТЗ; передрейсовий медичний огляд водія; оформлення транспортної документації; оформлення запиту в Національну поліцію України на супровід ТЗ з вантажем на маршруті руху ТЗ; оформлення дозволу для перевезення ВіНВ шляхами загального користування.	
"O"	*Що є результатом або результатами функції?* Готовність водія здійснювати керування справним ТЗ для перевезення ВіНВ в відповідних кліматичних умовах зовнішнього середовища	
"C"	*Що необхідно контролювати для ефективного функціювання функції?* Контроль професійного допуску водія; моніторинг ергономічності робочого місця; моніторинг умов соціального задоволення виконання професійної діяльності.	
"P"	*Що має бути для нормального виконання функції?* Ефективний ВА, технічно обслугований і відремонтований, пристосований для перевезення ВіНВ; - інструкція з професійного допуску водія до керування ВА, який здійснює перевезення відповідного типу вантажу; посадова інструкція механіка, що здійснює випуск в рейс РС; посадова інструкція лікаря, що здійснює медичний огляд водія.	
"R"	*Які ресурси потрібні для виконання функції?* Ефективні компетенції менеджера з організації ВАП; ефективні компетенції механіка, що випускає ТЗ в рейс; ефективні компетенції лікаря, що здійснює медичний передрейсовий огляд водія.	
2 етап – Подача ВА під завантаження / 5 етап – Розвантаження ВА		
"I"	*З чого починається функція?* Аналіз розміщення пункту навантаження / розвантаження; аналіз можливості здійснювати маневрування; аналіз можливості очікування завантаження / розвантаження у разі утворення черги.	
"O"	*Що є результатом або результатами функції?* Своєчасна подача водієм ВА на місце завантаження / розвантаження.	
"C"	*Що необхідно контролювати для ефективного функціювання функції?* Контроль графіку подачі ВА під завантаження / розвантаження; контроль розміщення ВА на навантажувальному / розвантажувальному майданчику.	
"P"	*Що має бути для нормального виконання функції?* Місце для завантаження /розвантаження вантажу повинно задовольняти можливість маневрування ВА та можливість очікування завантаження / розвантаження у разі утворення черги	

Закінчення таблиці 2

1	2
"R"	*Які ресурси потрібні для виконання функції?* Ефективні компетенції водія ВА; геометричні розміри навантажувального / розвантажувального майданчика повинні дозволяти здійснювання маневрування ВА і очікувати завантаження у разі утворювання черги.
3 етап – Завантаження і кріплення вантажу в кузові ВА	
"I"	*З чого починається функція?* Аналіз експлуатаційних властивостей НРМ; аналіз умов розміщення вантажу в кузові ВА; аналіз умов і засобів кріплення вантажу в кузові ВА; розрахунок розподілу ваги на відповідні осі ВА; передрейсовий технічний огляд розміщення і системи кріплення вантажу в кузові ВА.
"O"	*Що є результатом або результатами функції?* Готовність водія здійснювати керування ВА з розміщеним і закріпленим ВіНВ в кузові ВА, у відповідності до вимог чинного законодавства України, що регламентує вимоги до вагових і розмірних характеристик ВА.
"C"	*Що необхідно контролювати для ефективного функціювання функції?* Контроль розміщення вантажу в кузові ВА; контроль кріплення вантажу в кузові ВА; контроль розподілу вагового навантаження на відповідні осі ВА.
4 етап – Транспортування вантажу в кузові ВА	
"I"	*З чого починається функція?* ВА знаходиться в робочому стані; ВіНВ завантажений і закріплений в кузові ВА; вагові норми розподілу навантаження на відповідні осі ВА; правильно заповнена і в повній наявності транспортна супровідна документація.
"O"	*Що є результатом або результатами функції?* Вантаж доставлений в точно строк, обумовлений графіком руху ВА, без пошкоджень в повному обсязі з мінімальними транспортними витратами, без порушення ПДР.
"C"	*Що необхідно контролювати для ефективного функціювання функції?* Контроль психофізіологічного стану водія ВА; контроль дорожньої ситуації ВА; контроль експлуатаційних властивостей ВА; контроль розміщення ВіНВ в кузові ВА; контроль дотримання графіку руху ВА.
"P"	*Що має бути для нормального виконання функції?* Сприятливі кліматичні умови; ефективна транспортна інфраструктура; якісне пальне; дотримання графіку руху і відпочинку; дотримання ПДР.
"R"	*Які ресурси потрібні для виконання функції?* Професіональний досвід водія; стресостійкість; гарний фізичний і психофізіологічний стан при виконанні професійної діяльності при керуванні ВА.

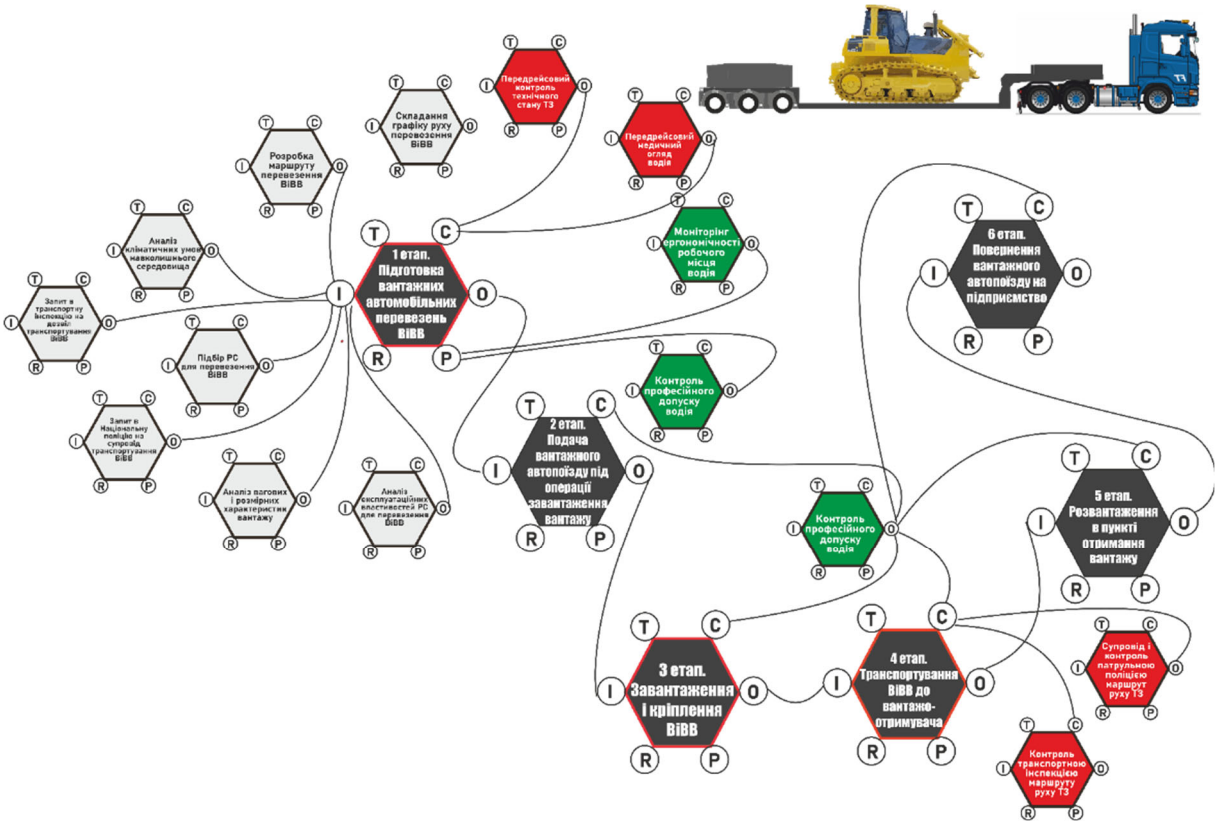


Рис. 3. – Зображення транспортного процесу перевезення ВіНВ (гусеничний бульдозер "Komatsu D155AX-6") за допомогою методу "FRAM"

На підставі цього аналізу було проведено сортування за попередніми факторами ЛР. Було виявлено 32 фактори ЛР, які пов’язані з перевезенням ВіНВ. Виходячи з цього, 12 ланок функції відмови в були визнані шляхом класифікації цих ідентифікованих факторів ЛР. В табл. 3 представлені ідентифіковані фактори ЛР при здійсненні ВАП ВіНВ. Було проведено визначення ваги ймовірності та наслідків цих факторів ЛР. По-перше, було залучено різнорідну групу з п’яти експертів, у тому числі: водій ТЗ, менеджера з організації ВАП, старшого інженера, який має досвід роботи з ТЗ, спеціаліста з безпеки праці та науковця з транспортних технологій, щоб вони висловили свою точку зору щодо наслідків та ймовірність факторів ЛР ВАП ВіНВ на основі лінгвістичних термінів. Маючи багатий досвід у сфері організації ВАП, вага кожного експерта вважається рівною в цьому дослідженні. Усі точки зору експертів щодо факторів ВАП в різних функціональних ланках представлені в табл. 4.

Таблиця 3. – Ідентифіковані фактори ЛР при здійсненні ВАП ВіНВ

Функція	Позначення функції	Фактор ризику
F1	F_{11}	Вантажовідправник погоджується на ВАП ТЗ не відповідаючи умовам перевезення ВіНВ
	F_{12}	**Невдосконалена система організації перевезення ВіНВ на АП**
	F_{13}	Не проведено перевірку кваліфікації водіїв
	F_{14}	Відсутність ліцензії на виконання даного типу ВАП
	F_{15}	Не проведено перевірку технічного стану ТЗ
	F_{16}	Прострочена ліцензія на виконання даного типу ВАП
F2	F_{21}	Відсутній дозвіл на перевезення ВіНВ
	F_{22}	Встановлення на ТЗ додаткового технологічного обладнання, яке не регламентовано законодавством
F3	F_{31}	Не має водіїв з відповідним досвідом виконання перевезень ВіНВ
	F_{32}	Транспортування ВіНВ з порушенням норм чинного законодавства
	F_{33}	**Неправильне проведення кріплення вантажу в кузову ТЗ**
F4	F_{41}	Відсутність навчання водіїв, для набуття досвіду транспортування ВіНВ
	F_{42}	Відсутній супроводу при перевезенні ВіНВ
	F_{43}	Відсутність навчання та інструктажів з техніки безпеки для водіїв на АП
F5	F_{51}	Відсутні на ТЗ проблисковий маяк і знаки, що сигналізують про ВіНВ
	F_{52}	ТЗ експлуатується з порушенням норм чинного законодавства
	F_{53}	Незаконна модифікація ТЗ
	F_{54}	Спрощене проведення технічного огляду ТЗ
	F_{55}	**Підприємство має відповідного РС для перевезення ВіНВ**
	F_{56}	Наявність пошкоджених елементів ТЗ
	F_{57}	Неправдивий звіт про результати технічного огляду ТЗ
	F_{58}	Відсутність у водія категорії прав на керування відповідним ТЗ
	F_{59}	Відсутні засоби кріплення ВіНВ
	F_{510}	Кріплення ВіНВ проведено засобами кріплення, в яких є пошкодження
F6	F_{61}	Недоукомплектоване завантаження ВіНВ
	F_{62}	Відсутність навичок і досвіду у водія при проведенні кріплення ВіНВ в кузові ТЗ
	F_{63}	Перевантаження ТЗ
F7	F_{71}	Непрофесійні дії водія при керуванні ТЗ
	F_{72}	Відхилення ТЗ від встановленого маршруту
	F_{73}	Відсутність моніторингу ТЗ під час руху на маршруті
	F_{74}	Перевищення встановленої швидкості
	F_{75}	Керування водієм без перерви ТЗ понад нормативного часу

Після отримання результатів суджень експертів вага, ймовірності та наслідки кожного фактору ЛР був розрахований за формулами (4) і (5), а індекс ЛР (*RI*) кожного фактору був отриманий за формулою (1). Результати розрахунку представлені на рис. 4. Для аналізу отриманих результату величини фактору ЛР була побудована двовимірна матриця оцінки ЛР (рис. 4), на якій вага наслідків (значення осі x), а вага ймовірності (значення осі y).

Матриця була розділена на чотири групи, які відповідали чотирьом класам ризику.

Таблиця 4. – Лінгвістичні судження експертів, щодо ймовірності та наслідків факторів ЛР

Фактор ЛР	Ймовірність					Наслідки				
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5
F_{11}	Н	ДН	Н	С	Н	ДВ	С	ДВ	ДВ	Н
F_{12}	В	ДВ	В	В	С	В	ДВ	ДВ	В	ДВ
F_{13}	С	В	В	ДВ	В	ДВ	ДН	В	В	В
F_{14}	Н	ДН	С	С	Н	ДВ	ДН	С	В	С
F_{15}	ДН	Н	С	ДН	Н	В	С	ДВ	Н	В
F_{16}	Н	ДН	Н	С	Н	Н	С	В	ДН	С
F_{21}	Н	С	С	В	ДН	В	ДВ	С	В	С
F_{22}	С	В	Н	В	С	Н	В	Н	В	В
F_{31}	Н	ДВ	В	Н	С	ДВ	В	ДВ	Н	Н
F_{32}	В	В	Н	С	Н	В	С	В	Н	ДВ
F_{33}	ДВ	В	ДВ	С	В	ДВ	В	ДВ	ДВ	В
F_{41}	ДН	Н	С	Н	Н	В	Н	ДВ	С	Н
F_{42}	Н	ДН	В	С	Н	Н	ДВ	Н	В	С
F_{43}	В	ДВ	С	В	С	ДН	ДВ	В	ДВ	Н
F_{51}	ДН	Н	Н	С	Н	С	ДВ	Н	С	В
F_{52}	С	ДН	Н	В	Н	ДВ	Н	ДВ	ДВ	ДВ
F_{53}	В	ДВ	ДВ	В	С	В	ДВ	В	В	В
F_{54}	С	ДВ	В	В	ДВ	С	В	ДВ	С	С
F_{55}	ДВ	В	ДВ	С	Н	ДВ	В	ДВ	В	ДВ
F_{56}	Н	С	ДВ	С	ДН	В	В	ДВ	ДВ	В
F_{57}	ДН	С	Н	В	С	ДН	Н	С	В	В
F_{58}	С	В	ДВ	С	Н	ДВ	ДВ	ДВ	Н	С
F_{59}	Н	ДН	ДВ	С	Н	ДВ	Н	ДВ	В	С
F_{510}	ДН	С	Н	Н	С	ДН	В	Н	С	Н
F_{61}	Н	С	ДН	С	Н	ДВ	ДН	В	Н	С
F_{62}	ДВ	ДН	С	Н	С	В	С	В	С	С
F_{63}	С	Н	С	С	В	ДВ	ДВ	В	С	В
F_{71}	ДВ	В	ДВ	ДВ	С	ДН	ДВ	ДВ	ДВ	В
F_{72}	Н	С	С	Н	ДН	ДВ	Н	В	С	В
F_{73}	ДВ	В	ДВ	ДВ	С	ДВ	С	ДВ	ДВ	В
F_{74}	ДН	В	Н	С	Н	В	ДВ	ДВ	ДВ	В
F_{75}	С	ДВ	ДВ	Н	С	ДВ	ДВ	В	С	ДВ

Спочатку була виявлена жовта лінія із середнім значенням індексу ЛР = 0,34 шляхом усереднення 32 факторів ризику, потім індекс ЛР всіх факторів, що розглядалися, були класифіковані на дві групи. Перша група (*RI* ≥ 0,34) містить 13 факторів ризику, за якими була знайдена червона лінія із середнім значенням індексом ЛР = 0,52 шляхом усереднення значення 13 факторів індексу ЛР. Аналогічно, синя лінія із середнім значенням індексу ЛР = 0,22 була отримана шляхом усереднення значення факторів індексу ЛР в іншій групі з *RI* < 0,22. Тому всі виявлені фактори ЛР були класифіковані на чотири класи, а саме: "ДВ" (дуже високий ЛР), "В" (високий ЛР), "С" (середній ЛР) і "Н" (низький ризик). Зокрема, було виділено 6 факторів ЛР (F_{33}, F_{73}, F_{12}, F_{53}, F_{71} і F_{55}), класифіковані як клас "Е"; 7 факторів ЛР (F_{75}, F_{54}, F_{13}, F_{58}, F_{43}, F_{63} і F_{56}) належали до класу "В", 8 факторів ЛР (F_{31}, F_{32}, F_{74}, F_{22}, F_{21}, F_{62}, F_{59} і F_{52}), згруповані в клас "С"; та інші фактори ЛР належать до класу "Е".

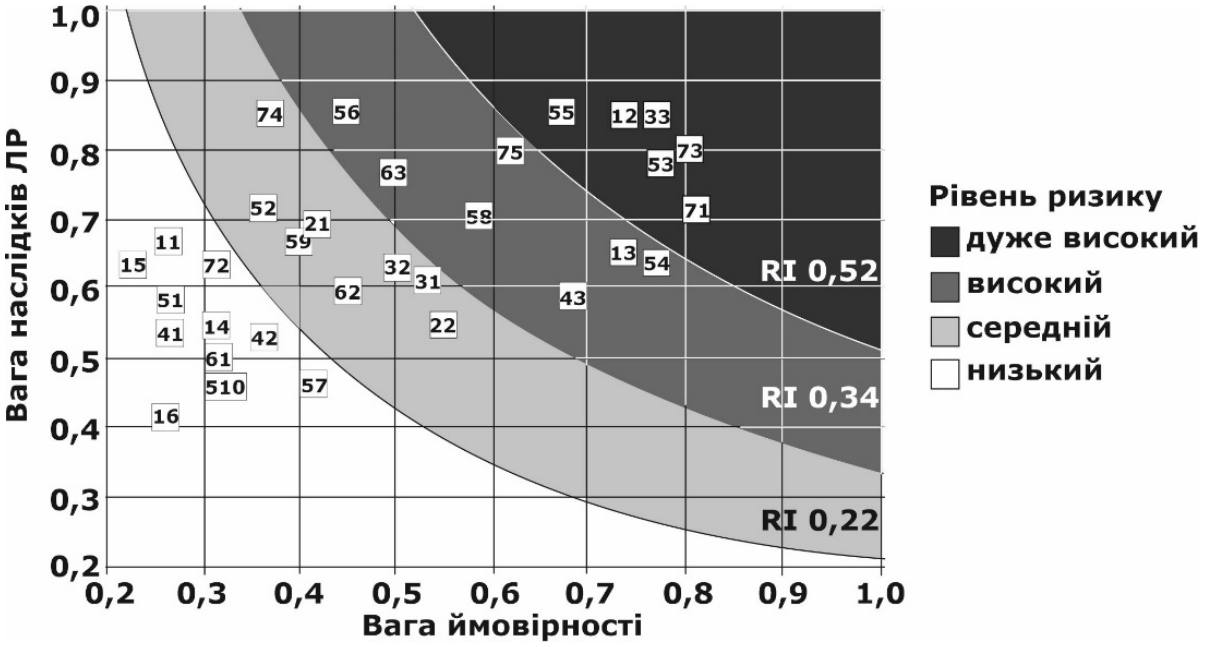


Рис. 4. – Двовимірна матриця оцінки ЛР

З результату розрахунку ЛР ВАП ВіНВ, можна зробити висновок, що ЛР, які відносяться до класу "ДВ" (дуже високого ЛР):

- для перевезення ВіНВ використовується РС, який не відповідає умовам перевезень ВіНВ (індекс ЛР = 0,667);

- відсутній моніторинг ТЗ при його русі з ВіНВ на маршруті перевезення (індекс ЛР = 0,665);

- недосконала система організації перевезення ВіНВ на автотранспортному підприємстві (індекс ЛР = 0,64).

Для мінімізації або усунення ЛР необхідно впровадження управлінських рішень, серед яких можна відмітити наступні:

- допуск для здійснення ВАП ВіНВ кваліфікованих водіїв, які мають практичний опит перевезення відповідного типу вантажу;

- організація більш ефективної системи організації ВАП ВіНВ на підприємстві з більш відповідальним контролем основних етапів транспортного процесу перевезення, з отриманням відповідних дозволів від контролюючих організацій;

- контроль відповідності ВАП ВіНВ законодавчим актам України, які регламентують даний тип вантажних перевезень;

- оснащення ТЗ сучасними системами GPS-навігації для його постійного контролю на всіх етапах транспортного процесу ВАП.

Висновки. Сформовано структуру ЛР, які мають небезпечний вплив на ефективність і якість ВАП ВіНВ. За результатами проведених розрахунків встановлено, що для перевезення ВіНВ використовується РС, який не відповідає умовам перевезень ВіНВ (індекс ЛР = 0,667); відсутній моніторинг ТЗ на маршруті перевезення (індекс ЛР = 0,665); недосконала система організації перевезення ВіНВ на автотранспортному підприємстві (індекс ЛР = 0,64).

Для мінімізації ЛР запропоновано управлінські рішення, які спрямовані на їх мінімізацію: допуск для здійснення ВАП ВіНВ кваліфікованих водіїв, які мають практичний досвід перевезення відповідного типу вантажу; організація більш ефективної системи ВАП ВіНВ на підприємстві з більш відповідальним контролем основних етапів транспортного процесу перевезення, з отриманням відповідних дозволів від контролюючих організацій; контроль відповідності ВАП ВіНВ законодавчим актам України, які регламентують даний тип вантажних перевезень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельник, О.М. Організація перевізного процесу негабаритних вантажів за видами транспорту. роль та місце морського транспорту в цьому процесі. *Комунальне господарство міст*, 2020, №1(154), С. 231-239. DOI 10.33042/2522-1809-2020-1-154-231-239.

2. Власова, Н.В., Козлова, Н.С. Переваги і особливості перевезення негабаритів залізничним транспортом. Актуальні питання технічних наук у сучасних умовах. Збірник наукових праць за підсумками міжнародної науково-практичної конференції. 2015. 231 с.

3. Котенко, А.М., Лаврухін, О.В., Шилаєв, П.С., Світлична, А.В., Шевченко, В.І., Пилипейко О.М. Перевезення негабаритних і великовагових вантажів у транспортних системах. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*, 2014, №145, С. 8-17.

4. Лазаренко, Ю.М., Бржезовскій, А.М., Гусєв, Е.А., Генкіна, Е.Г. Удосконалення транспортних схем перевезення негабаритних вантажів. *Залізничний транспорт,* 2016,№ 8, С. 24-32.

5. Троїцька, Н.А. Перевезення великогабаритних великовагових вантажів автомобільним транспортом. - М.: Транспорт, 1992. - 160 с.

6. Bjørnsen, J., Jensen, A., Aven, T. Using qualitative types of risk assessments in conjunction with FRAM to strengthen the resilience of systems. *Journal of Risk Research*, 2020, 23(2), 153-166.

7. Hollnagel, E. FRAM, the Functional Resonance Analysis Method: Modeling Complex Socio-Technical Systems. *Ashgate Publishing, Ltd., Farnham*. 2012.160 p. ISBN-13: 978-1409445517.

8. Hsu, W.-K.K., Huang, S.-H.S., Tseng, W.-J. Evaluating the risk of operational safety for dangerous goods in airfreights - A revised risk matrix based on fuzzy AHP. *Transportation Research. Part D, Transport and Environment*, 2016, 48, 235-247. DOI: 10.1016/j.trd.2016.08.018.

9. Wilson, K.J. An investigation of dependence in expert judgement studies with multiple experts. *International journal forecasting*, 2017, 33, 325-336. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2015.11.014.

10. DiMattia, D.G., Khan, F.I., Amyotte, P.R. Determination of human error probabilities for offshore platform musters. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2005, 18, 488-501. DOI: 10.1016/j.jlp.2005.07.021.

11. Noroozi, A., Khakzad, N., Khan, F., MacKinnon, S., Abbassi, R. The role of human error in risk analysis: Application to pre- and post-maintenance procedures of process facilities. *Reliability Engineering & System Safety*, 2013, 119, 251-258. DOI: 10.1016/j.ress.2013.06.038.

12. Akyuz, E. Quantitative human error assessment during abandon ship procedures in maritime transportation. *Ocean Engineering*, 2016, 120, 21-29. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2016.05.017.

13. Kazakidis, V., Mayer, Z., Scoble, M. Decision making using the analytic hierarchy process in mining engineering. *Mining and Technology*, 2004, 113, 30-42. DOI: 10.1179/037178404225004274.

14. Golinko, V., Cheberyachko, S., Deryugin, O., Tretyak, O., Dusmatova, O. Assessing risks of occupational diseases in passenger bus drivers. *Safety and Health at Work*, 2020, 11(4), 543-549. DOI: 10.1016/j.shaw.2020.07.005.

15. Бородіна, Н.А., Зіборов, К.А., Чеберячко, С.І., Дерюгін, О.В., Письменкова, Т.О., Бас, І.К. Оцінка ергономічних ризиків в ергатичних системах. Навчальний посібник. – *Дніпро: Середняк Т.К.*, 2021, - 120 с. ISBN 978-617-8010-01-0.

16. Голінько, В.І., Третякова, Л.Д., Чеберячко, С.І., Мітюк, Л.О., Дерюгін, О.В., Наумов, М.М. Методологія оцінювання та управління професійними ризиками у виготовленні та використанні засобів індивідуального захисту. Монографія. - *Дніпро: Середняк Т.К.*, 2021. - 224 с. ISBN 978-617-8010-71-3.

17. Borodina, N., Cheberiachko, S., Deryugin O., Tretyak, O., & Bas, I. Occupational risk assessment of passenger bus drivers. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, 2021, 11(2), 81-90. DOI:10.33445/sds.2021.11.2.8.

УДК 62-1-/9

АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ 3D-ПРИНТЕРУ НА ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ШЛЯХУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ FDM З МОЖЛИВІСТЮ ПОДАЛЬШОЇ УТИЛІЗАЦІЇ

Вишневецький В.В.[1]

[1]студент гр. 132-19-2, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: vishnyavlad2000@gmail.com

Анотація. В роботі проведений аналіз енергозатрат 3D-принтеру Flying Bear Ghost 5 під час експлуатації. Розраховано собівартість виготовлення днища корпусу трансмісії, з можливістю використання розрахунків для інших виробів. Розглянута можливість рециклінгу виробів з ABS пластику.

Ключові слова: собівартість 3D-друку, аналіз енергоспоживання 3D-принтеру, рециклінг ABS.

3D PRINTER ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS ON THE TECHNOLOGICAL WAY OF MANUFACTURING A PRODUCT USING FDM TECHNOLOGY WITH THE POSSIBILITY OF FURTHER UTILISATION

Vyshneveczkiy Vladislav[1]

[1]student, Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: vishnyavlad2000@gmail.com

Abstract. The analysis of energy consumption of 3D-printer Flying Bear Ghost 5 during operation is carried out. The cost of manufacturing the bottom of the transmission case is calculated, with the possibility of using calculations for other products. The possibility of recycling ABS plastic products is considered.

Keywords: cost of 3D-printing, analysis of energy consumption of 3D-printer, ABS recycling.

Вступ. 3D-принтер – пристрій, що використовує метод пошарового створення фізичного об'єкта за цифровою 3D-моделлю [1]. Застосовується для швидкого прототипування, тобто швидкого виготовлення прототипів моделей і об'єктів для подальшого доведення, завдяки якому вже на етапі проектування можна кардинальним чином змінити конструкцію вузла або об'єкта в цілому. В інженерії такий підхід дозволяє істотно знизити витрати на виробництво та освоєння нової продукції.

Технологія 3D-друку також придатна для швидкого виробництва – виготовлення деталей з матеріалів, підтримуваних 3D-принтерами. Це вдале

рішення для випуску малосерійної продукції, виготовлення моделей і форм для ливарного виробництва тощо [2].

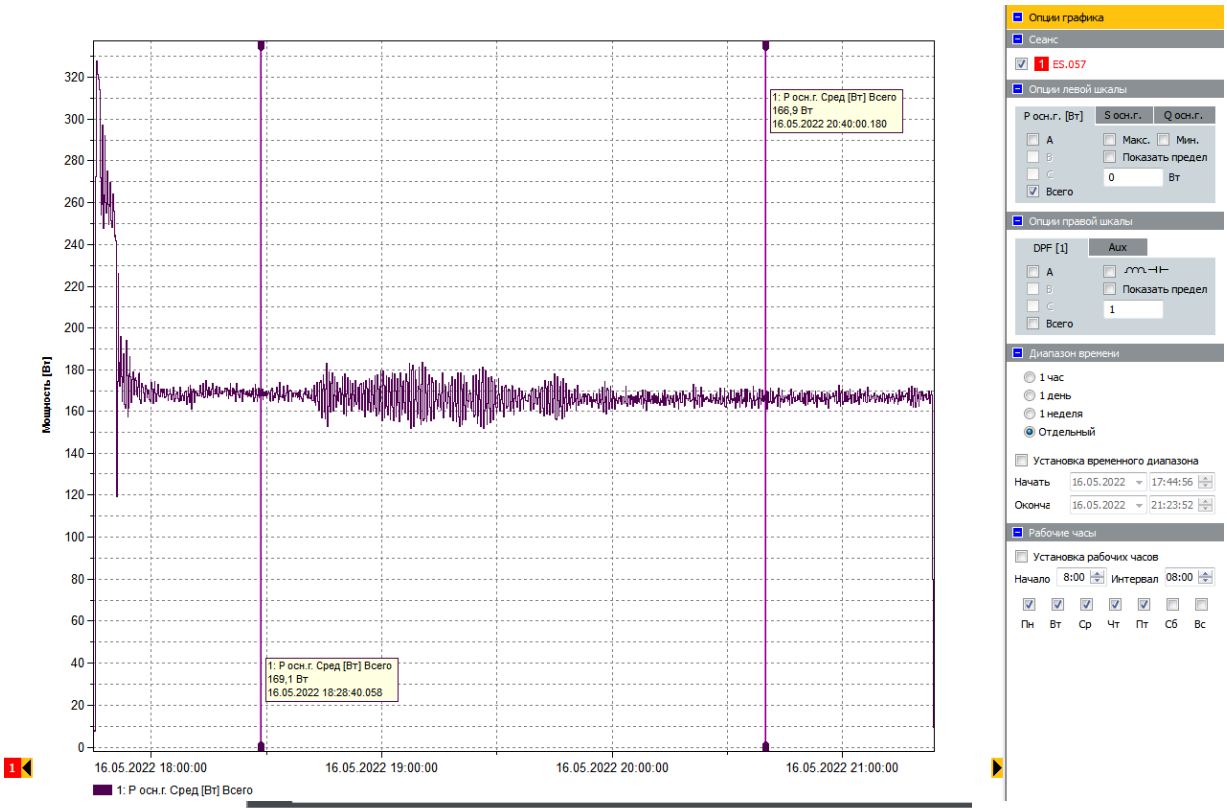
Мета роботи. Розрахунок собівартості виготовлення виробів в малій серії на 3D-принтері з метою прогнозування виробничих витрат.

Матеріал та результати досліджень. Для визначення кількості електроенергії спожитої 3D-принтером, були проведені вимірювання за допомогою реєстратора якості електроенергії FLUKE 1738 (рис. 1).

Функція сумарного звіту про якість електроенергії дозволяє провести розширений аналіз. FLUKE 1738 здатний автоматично отримувати значення напруги, току, потужності, гармонік і пов'язаних з ними значень якості електроенергії.

Рис.1. – процес проведення замірів за допомоггою FLUKE 1738

На графіку та таблиці (рис. 2) приведено графік споживання електроенергії з інтервалом 15 хвилин. Перевевши отримані данні, можливо зазначити що за 3 години 52 хвилини було споживано 834,3 Вт ·год енергії.



1: Тенденция | 1: Тенденция (10мин.) | 1: Тенденция (15мин.)

	P [Вт]	
	A	Всего
	Макс.	Макс.
16.05.2022 17:45:00.069	8,3	8,3
16.05.2022 18:00:00.179	333,7	333,7
16.05.2022 18:15:00.112	217,2	217,2
16.05.2022 18:30:00.034	219,6	219,6
16.05.2022 18:45:00.047	219,8	219,8
16.05.2022 19:00:00.122	225,2	225,2
16.05.2022 19:15:00.099	227,0	227,0
16.05.2022 19:30:00.124	223,4	223,4
16.05.2022 19:45:00.108	224,3	224,3
16.05.2022 20:00:00.080	223,9	223,9
16.05.2022 20:15:00.129	219,2	219,2
16.05.2022 20:30:00.025	224,4	224,4
16.05.2022 20:45:00.101	217,5	217,5
16.05.2022 21:00:00.104	223,7	223,7
16.05.2022 21:15:00.012	218,4	218,4
16.05.2022 21:23:52.253	214,8	214,8

Рис. 2. – Дані, отримані зі звіту FLUKE 1738 після проведення замірів

Розрахуємо споживання електроенергії 3D-принтером, Вт ·год:

$$P = \frac{P_{\text{розр}}}{t_{\text{ц}}} = 214{,}77 \qquad (1)$$

Де *P* - споживання електроенергії 3D-принтером, Вт ·год;

$P_{розр}$ – розраховане споживання за період одного робочого циклу обладнання;

$t_ц$ – час одного робочого циклу обладнання, t_p = 3,88 год.

Для прикладу була взята модель дна корпусу трансмісії Toyota Supra. Після друку дно корпусу трансмісії було зважене з метою розрахунку собівартості виробу (рис. 3).

Рис. 3. – вага дна трансмісіонногго корпусу

Для розрахунку собівартості виготовлення виробу використана наступна формула:

$$C_{fin} = C_m + C_e + C_{ts} + C_{\text{амр}} = 66{,}23 \text{ грн} \quad (2)$$

Де C_{fin} – вартість виробу, грн;

C_m – вартість матеріалу, грн;

C_e – вартість електроенергії, грн;

C_{ts} – витрати не технічне обслуговування 3D-принтеру, грн;

$C_{амр}$ – амортизаційні нарахування, грн.

Витрати на матеріал становлять:

$$C_m = (c_p + c_d) \cdot m_B = 52 \text{ грн}, \quad (3)$$

Де c_p – вартість сировини, c_p = 320 грн;

c_d – вартість послуг з доставки, c_d = 80 грн;

m_B – маса виробу, m_B = 0,13 кг.

Витрати на електроенергію становлять:

$$C_e = \left(t_p \cdot P\right) \cdot c_e = 6{,}14 \text{ грн} \quad (4)$$

Де t_p – час друку одного виробу, t_p = 3,5 год,

P – споживання електроенергії 3D-принтером, кВт·год;

c_e – вартість 1 кВт електроенергії для непобутових споживачів, c_e =8,21 грн/кВт ·год.

Витрати на технічне обслуговування 3D-принтеру дорівнюють:

$$C_{ts} = \left(C_g + C_s + C_o + C_b\right) \cdot t_p = 1{,}5 \text{ грн} \quad (5)$$

Де C_g – витрати на заміну скла, C_g = 0,16 грн/год;

C_s – вартість ремонтних комплектів термобар'єрів, C_s = 0,2 грн/год

C_o – витрати на мастило, C_o = 0,004 грн/год;

C_b - витрати на заміну приводних ремнів, C_b = 0,06 грн/год.

Щомісячні амортизаційні нарахування виробничого обладнання стоновитимуть:

$$C_{\text{ам1}} = \frac{B_{\text{п}} B_{\text{л}}}{T} = 395{,}83 \text{ грн} \quad (6)$$

Де $B_{\text{п}}$ – початкова вартість принтера, $B_{\text{п}}$ = 12000грн;

$B_л$ – ліквідаційна вартість принтера, $B_л$ = 2500грн;

T – нормативний ресурс, T = 24 місяця.

З розрахунку, що принтер буде виготовлювати 60 виробів в місяць, амортизація для одного виробу становить:

$$C_{\text{амр}} = \frac{C_{\text{ам1}}}{60} = 6{,}59 \text{ грн}, \quad (7)$$

ABS має високі фізико-механічні властивості, але будь який виріб має певний срок експлуатації, в кінці якого він підлежить утилизації або подальшій переробці [3]. ABS є не біорозкладним пластиком на нафтовій основі. Школу навколишній середі наноситься за рахунок того що він майже не піддається природному розпаду.

ABS є термопластичним пластиком, тож його можливо перероблювати за рахунок високих темпператур. Важливо також враховувати, що при нагріві виділяється токсичний газообразний стирол, який в процесі переробки необхідно виводити з поміщення.

Матеріал перероблюється методом лиття або екструзії. Лиття передбачає підігрів пластику до в'язкоплинного стану та подальше подання його в спеціальну форму.

При екструзії пластик нагріває екструдер, який пропускає матеріал через формуючий прилад з наступним охолодженням. Для переробки ABS екструзіїним методом необхідний водокільцевий гранулюючий екстружер, бо в його конструкції передбачена ізоляція перероблюваного матеріалу від кислороду.

Після переробки второнний ABS потребує сушки. Його щільність нижче ніж у первинного ABS, через наявність пор. Через пори матеріал здатний впитувати воду та зберігати її в собі, через що стане номожливим використання для виготовлення якісного виробу.

Використання вторичного матеріалу є дешевшим, ніж використання первинного. Вторинно перероблений ABS можливо використовувати без додоткових обмежень, бо при переробці його структу остається незмінною.

Висновки. Собівартість рукояті становить 66,23 грн, з урахуванням вартості матеріалу, вартості електроенегргії, витрат на технічне обслуговування 3D-принтеру та амортизації.

Після виходу рукояті з ладу, за рахунок використання ABS, можливе повторне використання матеріалу після переробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Brian Evans, Practical 3D Printers: The Science and Art of 3D Printing Apress 2012, ISBN 9781430243939

2. ЩО ТАКЕ 3D ДРУК? ЯК ПРАЦЮЄ 3D ПРИНТЕР? Посилання на джерело: https://xn--3--klcb4a9av.xn--j1amh/%D1%89%D0%BE-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B5-3d-%D0%B4%D1%80%D1%83%D0%BA-%D1%8F%D0%BA-%D0%BF%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%8E%D1%94-3d-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80/

3. ABS plastic recycling – everything you need know. Посилання на джерело: https://3drific.com/abs-plastic-recycling-everything-you-need-know/

УДК 621.4

ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТОРА ВОДНЮ

Г.С. Оленич[1], Д.О. Міщук[2], М.М. Балака[3]

[1]студент групи ПНМ-31, e-mail: olenych_hs@knuba.edu.ua

[2]доцент кафедри будівельних машин, e-mail: mischuk.do@knuba.edu.ua

[3]доцент кафедри будівельних машин, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua

[1,2,3]Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Анотація. Для зниження витрат пального в автомобілях з бензиновими двигунами внутрішнього згоряння необхідно застосовувати енергетичні накопичувачі. Так як для при простоях і переміщенні автомобіля не завжди потрібно стала кількість щосекундної витрати енергії, тож двигун внутрішнього згоряння, який є джерелом енергії працює в більшості випадків в режимі не повного навантаження, витрачаючи надлишкову енергію на нагрівання власних елементів. В якості рекуператора пропонується застосовувати електролізер, який перетворюватиме надлишкову енергію вироблену двигуном в газ водень. Так як водень є горючим газом в частиною складового палива, тому в подальшому можна накопиченим газом компенсувати зменшення витрати пального в двигуні. Пропонується застосовувати електролізер, що виконаний з металевих пластин електродів,

які розміщуються в колбі з сольовим водним розчином. Живлення електролізера здійснюється від штатної електросистеми автомобіля через генератор.

Ключові слова: електролізера, зниження витрат, енергетичні накопичувачі.

REDUCTION OF FUEL CONSUMPTION BY MOTOR VEHICLES DUE TO THE APPLICATION OF THE HYDROGEN GENERATOR

G.S. Olenich[1], D.O. Mishchuk[2], M.M. Balaka[3]
[1]Student, e-mail: olenych_hs@knuba.edu.ua
[2]Associate Professor of Construction Machinery Department, e-mail: mischuk.do@knuba.edu.ua
[3]Associate Professor of Construction Machinery Department, e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua

[1,2,3]Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. The purpose is to use energy storage to reduce fuel consumption in cars with gasoline internal combustion engines. Since downtime and movement of the car does not always require a constant amount of energy consumption per second, so the internal combustion engine, which is a source of energy, works in most cases at full load, spending excess energy to heat their own elements. It is proposed to use an HOH generator, as a recuperator, which converts excess energy produced by the engine into hydrogen gas. Since hydrogen is a combustible gas in part of the composite fuel, so in the future you can compensate for the accumulation of accumulated gas fuel consumption in the engine. In this article it is proposed to use an HOH generator made of metal plates of electrode, which are placed in a flask with saline solution. The HOH generator is powered from the car's standard electrical system through a generator

Keywords: HOH generator, reducing costs, energy accumulators.

Вступ. Проблематика заміни енергоносіїв з нафтовою основою на альтернативні види є актуальною проблемою в світі. Основними напрямками за якими виконують дослідження даної проблеми є розробка і застосування біопалива, ефективне створення електрифікованого транспорту та заміщення традиційного палива на основі нафти домішками газових сумішей [1]. Одним з пріоритетних напрямів є застосування водню.

В порівнянні з природним газом водень має більшу теплову здатність – 120 МДж/кг для водні проти 45…50 МДж/кг для пропану, етилену та метану відповідно. Густина водню 0,0897 кг/м^3, а природнього газу – 0,765 кг/м^3, швидкість горіння (детонація) водню 230 см/с, а природного газу – 43…44 см/с.

Для видобування водню застосовують такі способи:

- парова конверсія метану, коксу або природного газу;
- газифікація вугілля;
- піроліз;

- електроліз води;
- термічне розчеплення води в атомному реакторі;
- хімічна дисоціація активних металів і кислот.

При електролізі води можна отримати водень з розчеплення дистильованої води, а також сольового розчину води. Для цього способу використовують електролізер, який по суті представляє собою електроди, які занурюють у водяний розчин і через які пропускають електричний струм. Водень з електролізера після осушення може бути придатний до застосування в якості палива.

Теоретично, щоб отримати 1 м^3 водню через спосіб електролізу потрібно 3,56 кВт-годин електроенергії. Практично у відомих промислових електролізерах для отримання 1 м^3 водню витрачається 4,94…5,7 кВт-годин електроенергії [2].

Таким чином при виробництві 1 м^3 водню буде витрачено 5,7 кВт за година, а при прямому термічному перетворенні 1 м^3 водню отримано 2,99 кВт енергії на годину, що складає 52,45% від затраченої енергії.

Як відомо при роботі автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння не вся енергія, яка виробляється двигуном витрачається ефективно на його переміщення, а отже можна стверджувати, що для автомобілі необхідні системи, які б здатні були накопичувати енергію двигуна автомобіля під час його руху та зупинок.

Мета роботи. Проаналізувати технічні характеристики автомобіля та розробити рекомендації із можливості застосування генераторів водню в конструкціях автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння.

Виклад матеріалу. При випробовуванні автомобіля з потужністю двигуна 78 кВт і об'ємом 1,6 л з інжекторним бензиновим двигуном було встановлено, що на холостих обертах двигуном витрачається близько 11 кВт потужності при частоті обертання колінчастого валу 1000 об/хв та 78 кВт при частоті 5800 об/хв. Маса випробуваного автомобіля становила 1280 кг в спорядженому стані із повністю заправленим. При русі досліджуваного автомобіля зі швидкістю 60 км/год (16,6 м/с) в межах міста по асфальтовому покритті на горизонтальній поверхні теоретичні витрати потужності на валу двигуна складуть:

$$N_{дв_c} = \frac{mg\varphi}{\eta_з}\upsilon = \frac{1280 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}03}{0{,}6} 16{,}6 = 10422{,}14\,(\text{Вт}), \qquad (1)$$

де m – маса автомобіля, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с^2; φ – коефіцієнт опору руху; $\eta_з$ – загальний коефіцієнт корисної дії для трансмісії автомобіля; υ - швидкість руху автомобіля, м/с.

В даній формулі не враховано лобового опору автомобіля, так як згідно даних випробувань, такі опори необхідно враховувати при швидкостях більше 90 км/год, а також потужності, яка необхідна на подолання інерційних сил.

Згідно діаграми потужності для розглянутого автомобіля, двигуном виробляється близько 35 кВт енергії. Таким чином втрати потужності складають більше 20 кВт, які витрачаються на нагрівання механізмів та систем двигуна. Разом з цим для даного двигуна при діаметрі поршня 82 мм та ходу поршня 75,6 мм необхідно 0,046 м^3/с робочої суміші при частоті обертів колінчастого валу двигуна 3500 об/хв, що достатньо для руху автомобіля по прямій асфальтової поверхні зі швидкістю 60 км/год. Для отримання 0,046 м^3/с водню в електролізері потрібно витратити 0,26 кВт-секунд або 15,73 кВт-годин потужності двигуна, а цього достаньмо щоб з найменшими змінами в конструкції автомобіля забезпечити накопичення енергії через її переробку у водень.

Для роботи електролізера потрібно напруга 12 В та струм від 1 А, що може бути реалізовано від штатної електросистеми автомобіля. Так як для ефективної і безперервної роботи електролізера при напрузі 12 В необхідно струм 20 А, тому для цивільних автомобілів пропонується замінити штатний генератор не більш потужний.

При застосування водню в якості додаткового палива для автомобіля з бензиновим двигуном, необхідно скоригувати кут запалення суміші в сторону його зменшення, а також заміни свічі запалення на більш «холодну» для даної марки двигуна. Так як в робочу суміш додаватиметься водень додатково для економії палива бажано встановити регулюючий клапан на системі подачі палива, що дозволить примусово знижувати витрату пального, а його недостачу замінятиметься воднем.

При роботі електролізера його ефективність з часом може знижуватися, що пов’язано з накопиченням бульбашок водню на пластинах, тому рекомендується здійснювати примусову вентиляцію бака електролізера парами картерних газів двигуна, а в якості металевих пластин застосовувати стальні пластини з легованої сталі.

На Рис. 1 представлена пропонована схема застосування електролізера на автомобілі для живлення бензинового двигуна внутрішнього згорання.

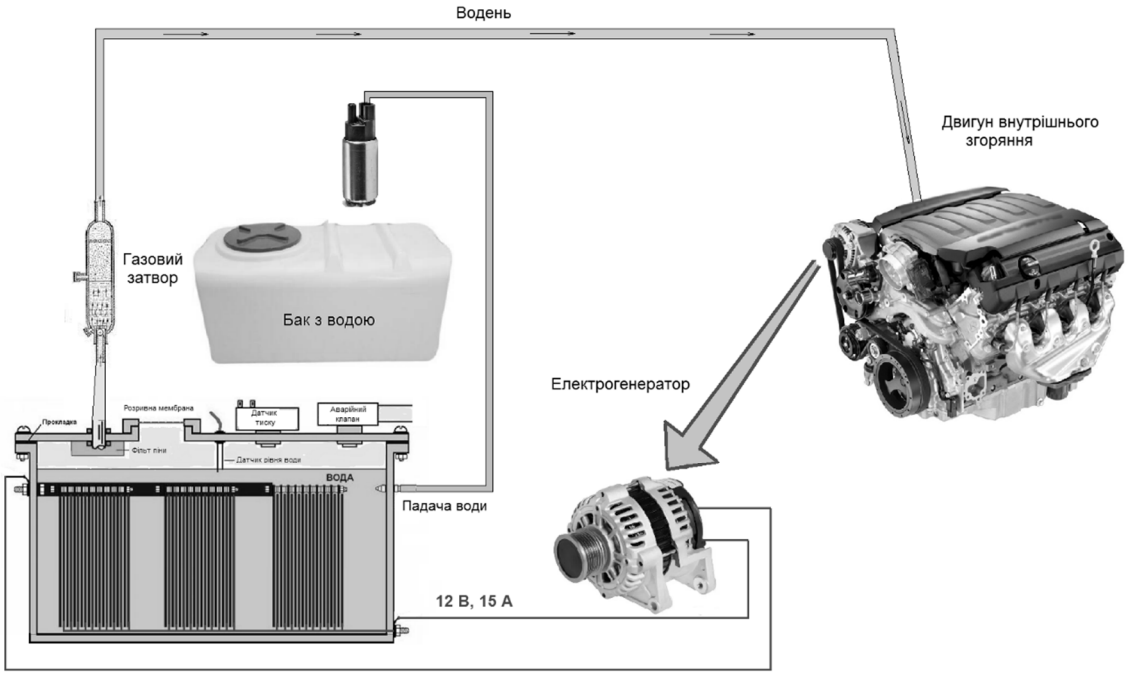


Рис. 1. – Схема підключення генератора водню для живлення двигуна внутрішнього згоряння на автомобілі

Висновки. Застосування генератора водню в автомобілі може значно знизити витрати пального двигуна внутрішнього згоряння, а також зменшити шкідливі викиди в атмосферу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Насиров И. З., Рахмонов Х. Н. У., Аббосов С. Ж. У. Результаты испытания электролизера // Universum: технические науки. - 2021. - №6-2 (87). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-ispytaniya-elektrolizera (дата звернення: 02.04.2022).

2. Дадабоев Р. М. У., Аббасов С. Ж. У. Перспективы использования водородного топлива в автомобилях // Universum: технические науки. 2021. №3-2 (84). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-vodorodnogo-topliva-v-avtomobilyah (дата звернення: 02.04.2022).

3. Tashcheiev Y., Trofymenko O. Глобальні тенденції розвитку водневих технологій у промисловості // Business Inform, - 2020. – С.103-114. DOI: 10.32983/2222-4459-2020-8-103-114.

4. Shabani B., Andrews J. Hydrogen and fuel cells // Energy Sustainability through Green Energy. New Delhi: Springer, - 2015. - P.453–491

5. Пліс В.Б. Водень як альтернативне моторне паливо / В. Б. Пліс, М. М. Балака // автомобільний транспорт і автомобілебудування. Новітні технології і методи підготовки фахівців: Міжнар. Науково-практична конференція 19-20 жовтня 2017 р. Тези доп. – Х. ХНАДУ, 2017. – С. 209-210.

УДК 656.131:629.349-838

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ В УМОВАХ ПЕРЕХОДУ ВІД АВТОМОБІЛІВ З ДВИГУНОМ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ДО ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

В.Є. Олішевська[1], Г.С. Олішевський[2]

[1]кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: olishevska.v.ye@nmu.one

[2]кандидат технічних наук, доцент кафедри електроенергетики, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: Olishevskyi.H.S@nmu.one

Анотація. В роботі проведено дослідження особливостей використання автомобільного транспорту в умовах економічної кризи, дефіциту енергоресурсів і інтенсивного забруднення навколишнього середовища. Перспективним шляхом розвитку автотранспорту є екотранспорт. В якості екотранспорта розглянуто електромобілі. В роботі надана класифікація електромобілів. Зроблено аналіз змін автомобільного транспорту в Україні, які відбуваються в умовах переходу від традиційних автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів.

Ключові слова: автомобіль з двигуном внутрішнього згорання, особливості використання автомобільного транспорту в Україні, електромобіль, класифікація електромобілів, альтернативні способи пересування.

MOTOR TRANSPORT IN THE CONDITIONS OF TRANSITION FROM CARS WITH A COMBUSTION ENGINE TO ELECTROCAR

V.E. Olishevska[1], H.S. Olishevskiy[2]

[1] Ph.D., Associate Professor of Automobiles and Automobile Economy Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: olishevska.v.ye@nmu.one

[2] Ph.D., Associate Professor of Power Engineering Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: Olishevskyi.H.S@nmu.one

Abstract. In work research of features of the use of motor transport is conducted in the conditions of economic crisis, deficit of power resources and intensive contamination of environment. Ecological transport is the perspective way of development of motor transport. Electrocars are an ecological transport. Classification of electrocars is resulted. The analysis of changes of motor transport is done in Ukraine, which take place in the conditions of transition from traditional cars with a combustion engine to electrocars.

Keywords: car with a combustion engine, features of the use of motor transport in Ukraine, electrocar, classification of electrocars, alternative methods of movement.

Вступ. Однією із найяскравіших характеристик рівня розвитку будь-якої країні є автомобільний транспорт.

Автомобільний транспорт відіграє важливу роль у функціонуванні та розвитку економіки країн, забезпечує зв'язок виробництва й споживання, активізує рух товарно-матеріальних потоків, підтримує мобільність робочої сили та задовольняє потреби населення у перевезеннях.

Але функціонування автомобільного транспорту супроводжується споживанням дефіцитних ресурсів і негативним впливом на навколишнє середовище. Наприклад, найбільш затребуване джерело енергії – нафта, за умов збереження сучасної динаміки видобутку, може скоро вичерпати свої ресурси.

Також негативні соціально-економічні та екологічні наслідки автомобілізації – загибель і поранення людей в дорожньо-транспортних подіях (ДТП), транспортні затори, смог, звалища транспортних засобів і їх частин, що відслужили свій термін, величезні кількості споживаних природних ресурсів – помітно почали виявлятися вже з 60-х років двадцятого століття (тобто майже через десятиліття після початку бурхливої масової автомобілізації).

Перспективним напрямком вирішення складних проблем автомобільного транспорту може бути розвиток електромобілів.

У зв'язку з цим, дослідження, які направлені на вивчення сучасних можливостей і перспектив використання електромобілів в Україні в умовах переходу від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів мають особливе значення і актуальність в умовах економічної кризи, дефіциту енергоресурсів і інтенсивного забруднення навколишнього середовища.

Крім того, дані питання недостатньо представлені в учбовій літературі, що особливо важливо в умовах дистанційного науково-освітнього процесу.

Мета роботи. Дослідження сучасного стану розвитку автомобільного транспорту в умовах переходу від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Матеріали статті є узагальненням досліджень, що виконані у межах комплексних цільових програм, концепцій та наказів: «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» (Розпорядження Кабінету міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р); «Про затвердження Правил експлуатації колісних транспортних засобів» (Наказ Міністерства інфраструктури України від 26.07.2013 р., №550).

Матеріал та результати досліджень. Сьогодні в економічно розвинених країнах показник автомобілізації становить 555 автомобілів на 1000 осіб і більше [1]. А число автомобілів, зареєстрованих в масштабах всього світу, перевищило мільярд вже у 2010 році.

Автомобільний транспорт в Україні налічує біля 9,3 млн. транспортних засобів, у тому числі: 6,9 млн. легкових автомобілів, біля 250 тис. автобусів, 1,3 млн. вантажних автомобілів, більш 840 тис. одиниць мототранспорту [2].

Використання автомобільного транспорту в Україні має свої особливості.

По-перше, сьогодні в України відбувається швидке зростання рівня автомобілізації. Так, станом на січень 2016 року на 1000 громадян України припадало в середньому 202 автомобіля, у той час як в м. Києві ця цифра досягала 353 автомобіля. В 2020 р. рівень автомобілізації України досягав, в середньому по країні, 245 автомобілів на 1000 осіб.

Стрімко зростаючий парк автомобілів ілюструє інформація AUTO-Consulting, згідно з якою на початок 2021 р. кількість автомобілів на 1000 осіб складала: у Києві – 407 автомобілів, у Волинській області – 314 автомобілів, у Київській області – 311 автомобілів, у Запорізькій області – 300 автомобілів, у Кіровоградській області – 271 автомобіль, у Рівненській області – 269 автомобілів. У Вінницькій і Дніпропетровській областях рівень автомобілізації вище, ніж в середньому по країні. Біля середнього рівня автомобілізації знаходяться Одеська і Харківська області. Рівень автомобілізації нижче середнього – у Львівській, Чернігівській та Закарпатській областях.

По-друге, на автомобільному ринку України спостерігається переважно придбання автомобілів, які вже були в експлуатації. Наприклад, у 2020 році в Україні було куплено 85,5 тис. нових автомобілів і 353,4 тис. автомобілів, які були у використанні. Іншими словами, кількість куплених автомобілів, що були в експлуатації, склала 80,5 % авторинку країни. В результаті такої тенденції, середній вік парку легкових автомобілів в Україні досягає 21,7 років, що в два рази перевищує середній вік парку легкових автомобілів в Європейському Союзі – приблизно 11,5 років. На сьогодні, кількість автомобілів віком більш 10 років в Європейському Союзі складає біля 55 %, в Україні – 83 %.

По-третє, за даними Уряду України, до 60 % екологічного збитку в Україні пов'язане з перевезенням пасажирів легковими автомобілями. На перевезення вантажів припадає близько 27 % і на автобусні перевезення – близько 13 % екологічного збитку.

По-четверте, екологічні дослідження стверджують, що за один рік автомобіль в середньому поглинає приблизно 1…2 т кисню і виділяє 600…800

кг вуглекислого газу, 40 кг оксидів азоту та 200…230 кг незгорілих вуглеводнів [3]. У процентному співвідношенні шкідливих викидів, шкоди навколишньому середовищу і здоров'ю населення від викидів автотранспорту в містах визначають: оксиди азоту (44,5 %), акролеїн (7,5 %), сажу (7,4 %), оксид вуглецю (6 %), діоксин сірки (3,4 %), формальдегід (2,8 %), бензапирен (1,3 %) і ацетальдегід (1,1 %) [3]. За даними Кадастру викидів парникових газів України в 2014 році приблизно 12 % парникових газів в Україні вироблялося транспортом.

По-п'яте, в Україні екологічне навантаження на навколишнє середовище посилюється ще й тим, що, нажаль, і досі трапляється використання бензинів і дизельних палив, які за якістю не відповідають європейським екологічним стандартам «Євро-1», «Євро-2», а деякі вітчизняні бензини містять велику кількість важких металів: свинцю, нікелю, міді, цинку.

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.

Тому, Уряд України заявив про підтримку Європейської зеленої угоди і задекларував наміри рухатися до зменшення викидів, у тому числі і від транспорту. В Україні пропонується ввести заборону:

– з 01.01.2027 р. вживаних автомобілів з дизельними двигунами внутрішнього згорання;

– з 01.01.2030 р. нових автомобілів з дизельними двигунами внутрішнього згорання, а також вживаних і нових автомобілів з бензиновими двигунами внутрішнього згорання.

Питання суперечності між користю від автомобільного транспорту та його шкідливим впливом на навколишнє середовище вирішують шляхом удосконалення конструкції автомобілів, використання якісних експлуатаційних матеріалів, підвищення якості діагностування, технічного обслуговування і ремонту автомобілів.

Одним з перспективних напрямів розвитку автомобільного транспорту є розвиток на екологічних принципах шляхом створення екотранспорту і екологічно стійкої транспортної інфраструктури.

Екотранспорт як елемент екорозвитку людського суспільства – це система, що задовольняє розумні потреби в ефективному і безпечному переміщенні людей і вантажів, яка діє на всіх стадіях життєвого циклу [3].

Проблеми та перспективи розвитку екологічно чистого транспорту привертають увагу все більшого числа науковців і практиків як в Україні, так і у

світі. Серед публікацій, присвячених зазначеній проблематиці, слід відзначити наукові праці Щ. В. Аргун, А. В. Гнатова, О.Є. Кондратьєва, В.П. Кужеля, О.В. Харчука, В.С. Гіріна, О.А. Ульянець, А.М. Редзюк, О.І. Відоменко, Я. В. Шевчук, В.А. Кашканова, О.В. Бажинова та багато інших науковців [4]-[8]. Згідно з світовою статистикою, найбільш популярними на сьогодні є бензинові, гібридні і електричні силові агрегати.

Автомобіль з бензиновим двигуном – це автомобіль, що приводиться в рух двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ), за допомогою згорання в його циліндрах заздалегідь стисненої паливо-повітряної суміші [5].

Гібридний автомобіль – це транспортний засіб, що використовує для приводу провідних коліс більше одного джерела енергії [5].

Електромобіль – автомобіль, що приводиться в рух одним або декількома електродвигунами з живленням від автономного джерела електроенергії (акумуляторів, паливних елементів, конденсаторів) [5], [8].

До нових засобів сучасного електротранспорту відносяться електромобілі (electric vehicles, EVs), а також електробуси [4]-[8].

Поширеною абревіатурою електромобіля, який має можливість заряджатися від зовнішніх джерел живлення, є PEV (plug-in electric vehicle).

Електромобілі PEV класифікують на:

– електромобілі, які оснащені виключно електричними двигунами (одним чи декількома), що живляться лише від електричних акумуляторів та потребують зарядки від зовнішнього зарядного обладнання – BEVs (all-electric vehicles або battery electric vehicles);

– електромобілі (автомобілі) з гібридними енергетичними установками, які оснащені як електричними силовими установками (електродвигунами), так і силовими установками на іншому виді палива (наприклад, бензиновими або дизельними двигунами) з різними формами взаємодії силових установок, і які мають можливість заряджатися від зовнішніх джерел живлення – PHEVs (plug-in hybrid electric vehicles) [4].

Крім електромобілів PEV існують, зокрема, електромобілі (автомобілі) з гібридними енергетичними установками, які не мають можливості заряджатися від зовнішніх джерел живлення і можуть заряджатися лише від бортового зарядного обладнання – HEVs (hybrid electric vehicles), а також електромобілі з гібридними енергетичними установками, що працюють на паливних елементах і теж не мають можливості заряджатися від зовнішніх джерел живлення – FCHEVs (або FCEVs чи FCVs) (fuel cell hybrid electric vehicles) [4].

Науковці розглядають як технічні, так і економічні аспекти розвитку транспорту, який не завдавав би шкоди навколишньому середовищу. В бага-

тьох роботах висвітлюється проблеми і переваги електромобілів, перспективи експлуатації електромобілів, вартість обслуговування електромобілів [4]-[8].

Таким чином, в світі і в Україні відбувається перехід від традиційних автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів.

Але, крім якісного переходу від автомобілів з ДВЗ до електромобілів, важливим питанням є і кількість автомобілів, що швидко зростає. Тому, в розвинутих країнах світу з'явилися альтернативні способи пересування, які в майбутньому, можливо, змінять звичний підхід до організації поїздок. Окрім традиційних способів пересування на особистих автомобілях і автомобілях, що узяті напрокат, у споживачів з'явилася можливість щохвилинної оренди автомобілів (каршерінг) і сумісних поїздок з попутниками (райдшерінг). Розвитку нових способів пересування сприяв активний розвиток Інтернету і мобільних додатків.

Розвиток каршерінга і райдшерінга відбувається на багатьох світових ринках, що обумовлене наступними чинниками: урбанізацією, обмеженнями на пересування і парковку в найбільш завантажених місцях міста, зміщенням споживацьких переваг від володіння до тимчасового користування автомобілем, розвитком мобільних додатків, навігаційних систем і телематіки, що значно спростило процеси пошуку, бронювання, використання і повернення орендованого автомобіля.

Очікується, що нові сервіси приведуть до скорочення числа автомобілів в особистому володінні, але збережуть мобільність споживача і зменшать витрати на експлуатацію автомобіля, що сприятливо позначиться на екології і завантаженості доріг.

Висновки. Автомобільний транспорт в Україні сьогодні динамічно змінюється. Швидко зростає кількість автомобілів, впроваджуються альтернативні способи пересування. В роботі проведено дослідження особливостей використання автомобільного транспорту в умовах економічної кризи, дефіциту енергоресурсів і інтенсивного забруднення навколишнього середовища.

Перспективним шляхом розвитку автотранспорту в Україні є екотранспорт. Велика кількість фахівців вважає, що перехід в Україні на електромобілі, в цілому, є перспективним. Але практична реалізація переходу від традиційних автомобілів до електромобілів поки що є досить складним процесом.

Зроблено аналіз змін автомобільного транспорту в Україні, які відбуваються в умовах переходу від традиційних автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів.

Наукова новизна роботи полягає в системному аналізі нових даних щодо розвитку автомобільного транспорту в Україні.

Практичне значення роботи полягає в тому. що матеріали статті можуть бути використані студентами спеціальності 274 Автомобільний транспорт при вивченні дисципліни «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів», студентами спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при вивчені дисципліни «Енергозбереження у промисловому та муніципальному секторах». Дана робота полегшує сприйняття матеріалу, скорочує час на ознайомлення і підвищує інтегральну компетентність студентів в умовах дистанційного науково-освітнього процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Як відрізняється кількість автомобілів на душу населення в Україні і ЄС [Електронний ресурс] : сайт «Експрес Online». – Режим доступу: http://expres.ua/auto/2016/02/22/174495-vidriznyayetsya-kilkist-avtomobiliv-dushu-naselennya-ukrayini-yes. – Назва з екрану.

2. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту [Електронний ресурс] : сайт «Міністерство інфраструктури України» – 2020. – Режим доступу: https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html. – Назва з екрану.

3. Транспортна екологія / [Запорожець О. І., Бойченко С. В., Матвєєва О. Л. та ін.] ; за заг. ред. С. В. Бойченка. – Київ : НАУ, 2017. – 507 с.

4. Про стан і перспективи використання електромобілів [Електронний ресурс] / А. М. Редзюк, В. Б. Агеєв, В. С. Устименко [та ін.]. – Режим доступу: http://www.insat.org.ua/files/menu/tk/info/energo/PerspEV.pdf.

5. Бажинов А. В. Энергетические характеристики автомобилей с разными силовыми установками / А. В. Бажинов, О. Ю. Ткачев // Сучасні технології на автомобільному транспорті та машинобудуванні : Міжнар. наук.-практ. конф., 15-18 жовт. 2019 р. : наук. пр. – Харків, 2019. – С. 311-312.

6. Відоменко О. І. Перспективи розвитку електромобільного транспорту в Україні [Електронний ресурс] / О. І. Відоменко // Наукова думка : Міжнар. наук.-практ. конф., 19 черв. 2017 р. : матеріали. – Одеса, 2017. – Т. 4. – С. 50-54. – Режим доступу: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/25691/1/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8_10-06-2017_%D0%92%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE.pdf.

7. Хегай Ю. А. Перспективы развития электромобилей и автомобилей-гибридов / Ю. А. Хегай, Н. О. Тарасова, Е. С. Лукьяненко // Теория и практика общественного развития. – 2014. – №. 20. – С. 76-78.

8. Стан та перспективи розвитку ринку електрокарів в Україні [Електронний ресурс]. – 39 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%90%D0%A2/2020R/%D0%90%D0%A2_%D0%95%D0%90%D0%A2_ELEKTROKARY.pdf.

УДК 37.01:378 (477)

ПРОЦЕС ДИЗАЙН МИСЛЕННЯ ПРИ ГЕНЕРАЦІЇ ОТОЧЕННЯ ВСЕСВІТУ АБО ЛОКАЦІЇ ДЛЯ ВІРТУАЛЬНОГО ТУРУ

І.В. Вернер[1], О.О. Твердохліб[2], О.О. Новікова[3]
[1,2]старший викладач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: ill3@ukr.net
[3]студент групи 132-18-2, e-mail: Novikova.O.O@nmu.one
[1,2,3]Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі наводяться сучасні методи і засоби завдяки котрим процес створення цифрового продукту – а саме розробки інтерактивної гри, є найбільш оптимальним. Також висвітлюється область використання інтерактивних технологій для створення у сучасному суспільстві.

Ключові слова: гра, віртуальний тур, Unreal Engine, мислення, дизайн.

DESIGN THINKING PROCESS IN GENERATION OF THE UNIVERSE ENVIRONMENT OR VIRTUAL TOUR LOCATIONS

Ilya Verner[1], Olexander Tverdokhlib[2], Olexandra Novikova[3]
[1,2]Lecturer, Department of Engineering and Generative Design, e-mail: ill3@ukr.net
[3]Student, e-mail: Novikova.O.O@nmu.one
[1,2,3]Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. In this paper, the most optimal methods and means of creating an interactive game are shown. The interactive technologies area of use for creation in modern society is covered.

Keywords: game, virtual tour, Unreal Engine, thinking, design.

Вступ. У сучасному світі дедалі більше затребуваними стають фахівці IT напряму, що займаються штучним інтелектом та візуалізацією інформації. Багато відомих компаній з розробки програмного забезпечення вкладають кошти та ресурси у розробку так званих метавсесвітів, інакше кажучи в переведення частини реального світу в цифровий. Таку популярність і актуальність даного напряму можна простежити з тих часів, коли цифрові технології дозволили людям комфортно спілкуватися між собою у віддалених умовах.

Поступово методи спілкування набули не тільки якісні аудіо канали, але й можливості транслювати зображення в реальному часі, що зробило послуги спілкування різноманітнішими і популярнішими. Багато сучасних компаній проводять процес взаємодії співробітників з використанням групових

відеочатів. А деякі почали створювати красиві локації та проводити заходи, такі як міжнародні зустрічі та конференції.

Технології, які дозволяють взаємодіяти людям у віртуальному середовищі дозволяють повноцінно обмінюватися інформацією і в реальному часі спостерігати за діяльністю співробітників. При навчанні дані технології дозволяють зацікавити учнів та підтримувати рівень їхньої уваги та інтересу. Також створення віртуальних середовищ зробило можливим створювати якісні ігрові проекти і вивело ігрову індустрію на новий рівень.

В даний момент більшість великих фірм створюють віртуальні тури, що представляють діяльність компанії. Вони розміщують їх на своїх представництвах в інтернеті щоб інвестори та зацікавлені особи могли оцінити потенціал підприємства. При цьому немає потреби відвідувати особисто ці локації. Також віртуальні тури дозволяють людям з обмеженими можливостями відвідувати світові музеї та заходи, не виходячи з дому [1].

Виходячи із загальних тенденцій розвитку можна сказати, що навички пов'язані з цим пластом знань ще довго будуть затребувані на сучасному ринку праці.

Мета роботи. У роботі демонструються кроки розробки ігрового проекту стратегічної спрямованості. Показані прототипи і технології, що дозволяють реалізувати віртуальне середовище для ігрового всесвіту.

Матеріал і результат досліджень. При створенні метавсесвітів мандрівники будуть не тільки мати змогу милуватися гарними локаціями, а й зможуть взаємодіяти з об'єктами у віртуальних світах. Дані механіки вже багато років відточувалися і були реалізовані в комп'ютерних іграх та навчальних тренажерах. Тому розробку ігрового проекту завжди можна представити як частину майбутнього метавсесвіту.

Комп'ютерні ігри відносяться до актуальних проблем сучасної науки, так як являють собою унікальний продукт розвитку техніки і сучасної особистості. Ігри допомагають нам змоделювати різні життєві ситуації, проблеми і видають деякі можливі шляхи їх вирішення. Гра містить у собі всі необхідні передумови для природного розвитку особистості та культури суспільства [2-4].

Під час створення ігрового проекту першим етапом іде визначення мети гри. Після цього можна розглянути жанри, в рамках яких дана мета може бути реалізована (рис. 1).

Після цього є можливість визначити сеттинг, тобто приналежність до сюжетної теми або певного віртуального світу. І лише після цього можна починати обирати засоби реалізації. До таких відносяться мови програмування та ігрові движки.

Залежно від вибраних у попередніх кроках елементів можна розробляти ігрову механіку. Далі можна вже конкретизувати необхідні об'єкти, управління, взаємодію з штучним інтелектом.

Рис.1. – Основні жанри інтегративних ігор

Після цього можна займатися дизайном рівнів або локацій залежно від обраних напрямків. Поступово потрібно наповнювати проект оформленням і продумувати сюжетну лінію.

Це лише спрощений алгоритм початку розробки ігрового проекту. Для того, щоб прискорити виробництво на будь-яких рівнях необхідно знаходити аналогічні проекти або елементи та розглядаючи їх сильні та слабкі сторони займатися створенням власних.

При творенні будь якого цифрового продукту його розробку треба вести із позиції дизайн-мислення [5]. Цей метод наголошує на встановлення у центрі розробці інтересів майбутніх користувачів.

Отже пройшовши 5 послідовні кроків при розробці ми можемо досягти мети, а саме створити не тільки самобутній цифровий проект, но і цікавий спільноти.

Крок перший – емпатія. Спостерігаємо користувачів і розуміємо їх внутрішній стан та їх потреби.

Крок другий – фокусування. Обробляємо та впорядковуємо отриману інформацію, виділяємо ключові проблеми, що будемо вирішувати.

Крок третій – генерація ідей. Робимо від примітивних до неможливих.

Крок четвертий – прототипування. Розробка макету чи моделі.

Крок п’ятий – тестування. Перевіряємо у житті, чи на практиці наближеної.

У наданій роботі ми не будемо цілком повністю підтримуватись кроками цього методу, а продемонструємо хід думок студента під час створення ігрового проекту.

Сеттінг гри та мета

Планується гра в жанрі Науково-Химерної Фантастики де головний персонаж мандрує по різним стилізованим під різні культури галактики. Геймплей гри – RPG слешер з елементами дослідження відкритого світу. Головною особливістю гри є стилізовані під аніме стиль планети з детальним опрацюванням планет, біомів, підземних структур, а також різноманітних елементів архітектури, які вписуються в лор гри. Варто зазначити, що всі планети генеруються завдяки движку, а не створені вручну

База Лору

Лор (англ. Lore — знання) — сукупність основної інформації про світ того чи іншого художнього твору (канон). Спочатку термін застосовувався щодо фентезі, ігор та фантастики з великими пропрацьованими всесвітами на кшталт «Володаря Кілець», «TES», «WarCraft», «Зоряних Війн», «Warhammer 40000» і т.п.

Всесвіт гри Outer Old був створен Потойбічними Створіннями (їх ще називають Апостолами чи як це краще звучить на англ. Outer Gods), які по своїй природі «недосяжні в своїй величі» - абсолютний максимум якогось механізму Всесвіту. Власне концепція цих створінь базується на творчості американського письменника Г.Ф. Лавкрафт, який створив світ міфів про надзвичайних створінь за межею нашого розуміння [6]. В світі існують люди, які можуть певною мірою користуватись цими механізмами Всесвіту (під механізмами мається на увазі надздібності). Всього Механізмів Всесвіту 12, але спочатку гри відомі та доступні лише 8 (рис.2):

Матеріалізація – можливість створення матеріальних речей. Лорна ідея цієї надздібності полягає в розумінні, що таке Матерія - це філософська категорія для позначення об'єктивної реальності, що надана людині у її відчуттях, яку вона може і намагається пізнати, але при цьому матерія існує незалежно від самої людини.

Головне ПС (потойбічне створіння) надздібності – Н’ярлатхотеп (один з тих, хто був Творецем Всесвіту). Але через зникнення був замінений Хастуром

Телекінез – Можливість переміщення об’єктів, вплив на предмети незрячою силою. Ідея створення космосу завдяки силам гравітації, вплив на наш світ різних невідчутних сил

Головне ПС надздібності – Ноденс

Екстрасенсорика – можливість зв’язуватись з нематеріальним світом. Ідея того, що під матеріальним світом існує нематеріальний, який може прямо впливати на матеріальний. Взагалі Екстрасенсорика - це складова більш могутньої сили Психокінезу (Екстрасенсорика+ Хронокінез(час)+ Ергокінез (Позитивна Енергія, Світло)+ Еребокінез(Негативна енергія, Темрява) +

Кеногенез(Простір)), але через певні причини балансу сил Психокінез був розділен на 5 механізмів.

Головне ПС надздібності – Азатот (наряду з Н'ярлатхотепом Творець Всесвіту)

Спіритизм – здібність, яка дозволяє синтезувати нематеріальні (енергетичні оболонки) в напівматеріальні. Надздібність, яка з першого погляду виглядає, як дещо на межі між Матеріалізацією та Екстрасенсорикою. Ідеєю цієї здібності є те, що в живих та неживих створінь є парапсихічна пам'ять та навіть після того, як матеріальна оболонка зазнає невідновлювальних деформацій, парапсихічна пам'ять залишається на терені світу, а матеріальну оболонку можна відновити знову.

Головне ПС надздібності – Дагон

Біогенез – надання матерії властивостей живої. Ідея створення життя, як основу для існування енергетичного поля Всесвіту.

Головне ПС надздібності – Шуб-Ніггурат

Аерокінез – змінення кліматичних умов. Ідея того, що все в Всесвіті має кругообіг енергії, тому ці енергії повинні йти вільно.

Головне ПС надздібності - Ітаква

Кріогенез – пониження температури (швидкості руху молекул). Кріофізика, початковий стан матерії, який досягається при Абсолютному нулі. Існування 4 агрегатного стану (конденсат Бозе-Эйнштейна)

Головне ПС надздібності - Тсатгоґґуа

Пірокінез - підвищення температури (швидкості руху молекул). Ентропія системи, як незворотність процесів та подій

Головне ПС надздібності – Гатаноа

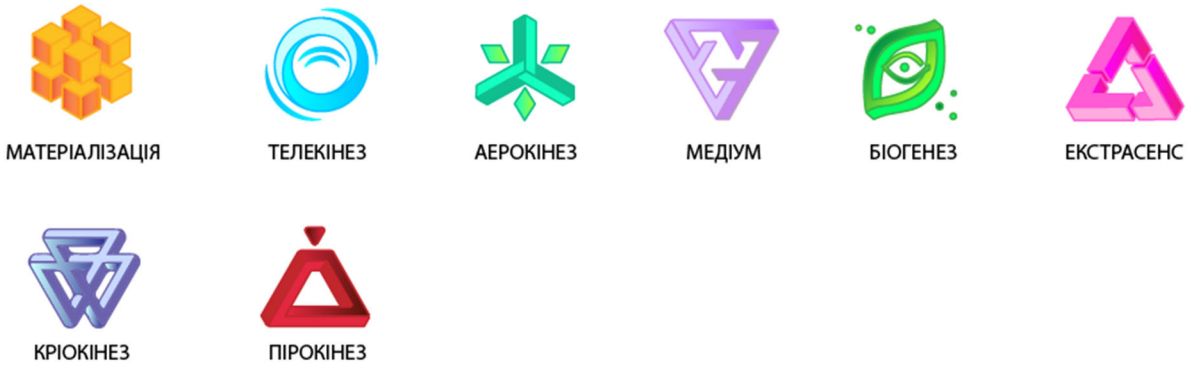


Рис. 2. – Перелік надможливостей

Геймплей (ігровий процес)

В грі є два важливі напрямки, які треба враховувати в розробці гри – розвинута бойова система та дослідницька.

Характеристика бойової системи: За основу береться RPG слешери. Це тип геймплею при якому гравець в процесі гри грає за декількох персонажів з різними здібностями та характеристиками. В якості основної характеристики персонажа, яке позначає стиль гри персонажа виступають механізми Всесвіту описані вище.

Ігровий двіжок

Для відтворення проекту ми будемо використовувати Unreal Engine 5 (рис. 3) [7]. Для реалізації генерації світу ми будемо використовувати шум Перліна завдяки плагіну Voxel Plugin Pro.

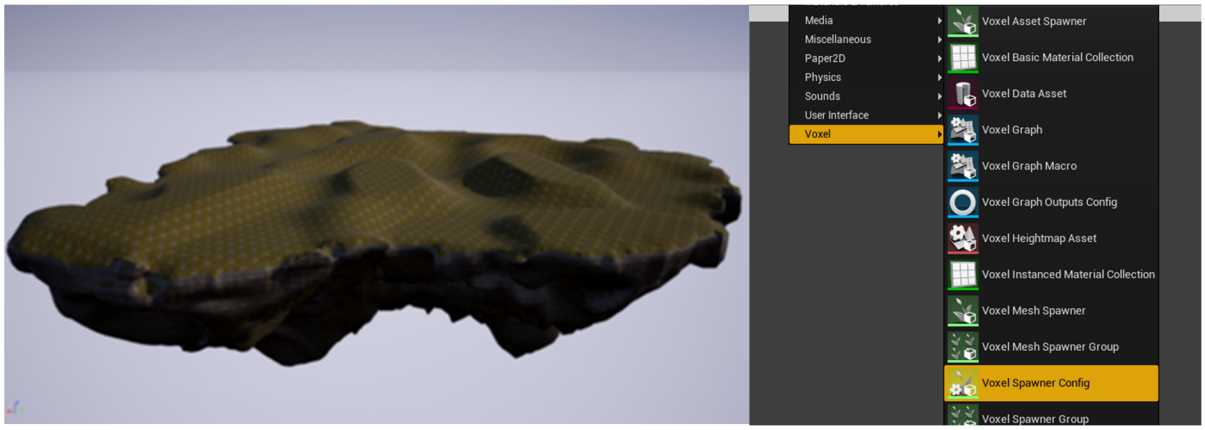


Рис.3. – Елементи інтерфейсу Unreal Engine

Наробки візуальної складової гри

Всього для дослідження будуть доступні 8 галактик, які мають свою унікальну культуру, клімат, геологічні особливості. Кожна культура прив'язана до галактики базується на культурі з нашого світу:

1. Ближній Схід
2. Слов'янські народності
3. Азіатські країни
4. Великобританія та наближені до неї культури
5. Європейські країни
6. Скандинавські країни
7. Північна Америка та країни Океанії
8. Південна Америка

Поки розроблені планети для двох Галактик (рис. 4) – Ближній Схід (Персуегі (Галактика Матеріалізації)) та Слов'янські (Київслав (Галактика Біогенезу))

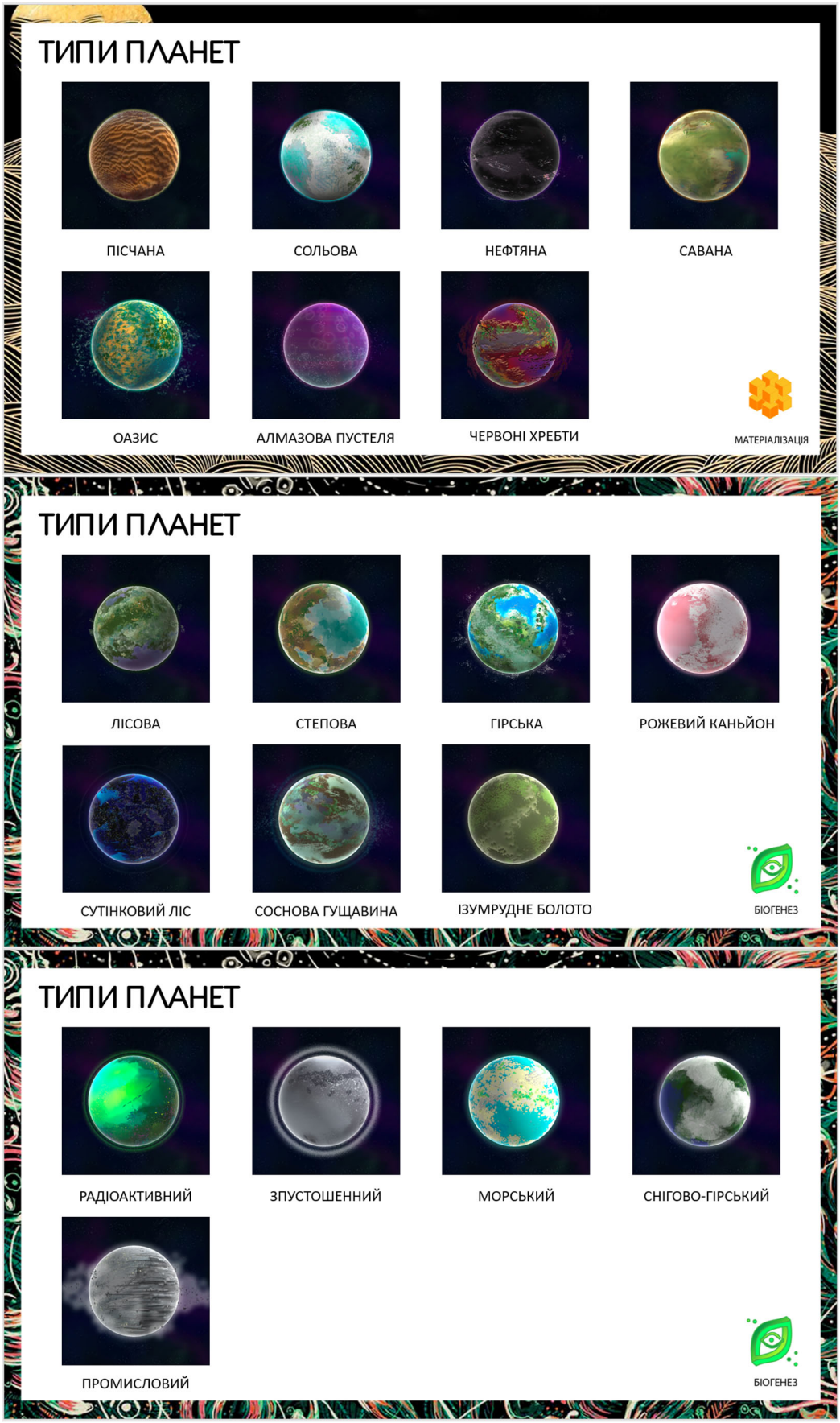


Рис.4. – Прототипи планет для всесвіту що розробляється

Візуальний стиль UI та HUD (heads-up display) гри

На концептах показані приблизні наробки дизайну різних меню. Це не всі можливі меню, а також ще не всі меню розроблені досконало, так як вони дуже пов'язані з механіками гри, які ще в розробці. Але ці концепти зроблені, щоб показати в якому стилі будуть реалізовані меню гри (рис. 5).

Ще одною важливою деталлю з нюансом в розробці дизайну став напівпрозорий фон з блюром. Річ в тому, що він дуже залежний від фону під час якого відкривається меню, таким чином я виділила 3 теми та перевірила, як текст читається на різних кольорових темах. Завдяки такому тесту, я виявила прогалини в дизайні та додала додаткове заливання фігур під кнопками

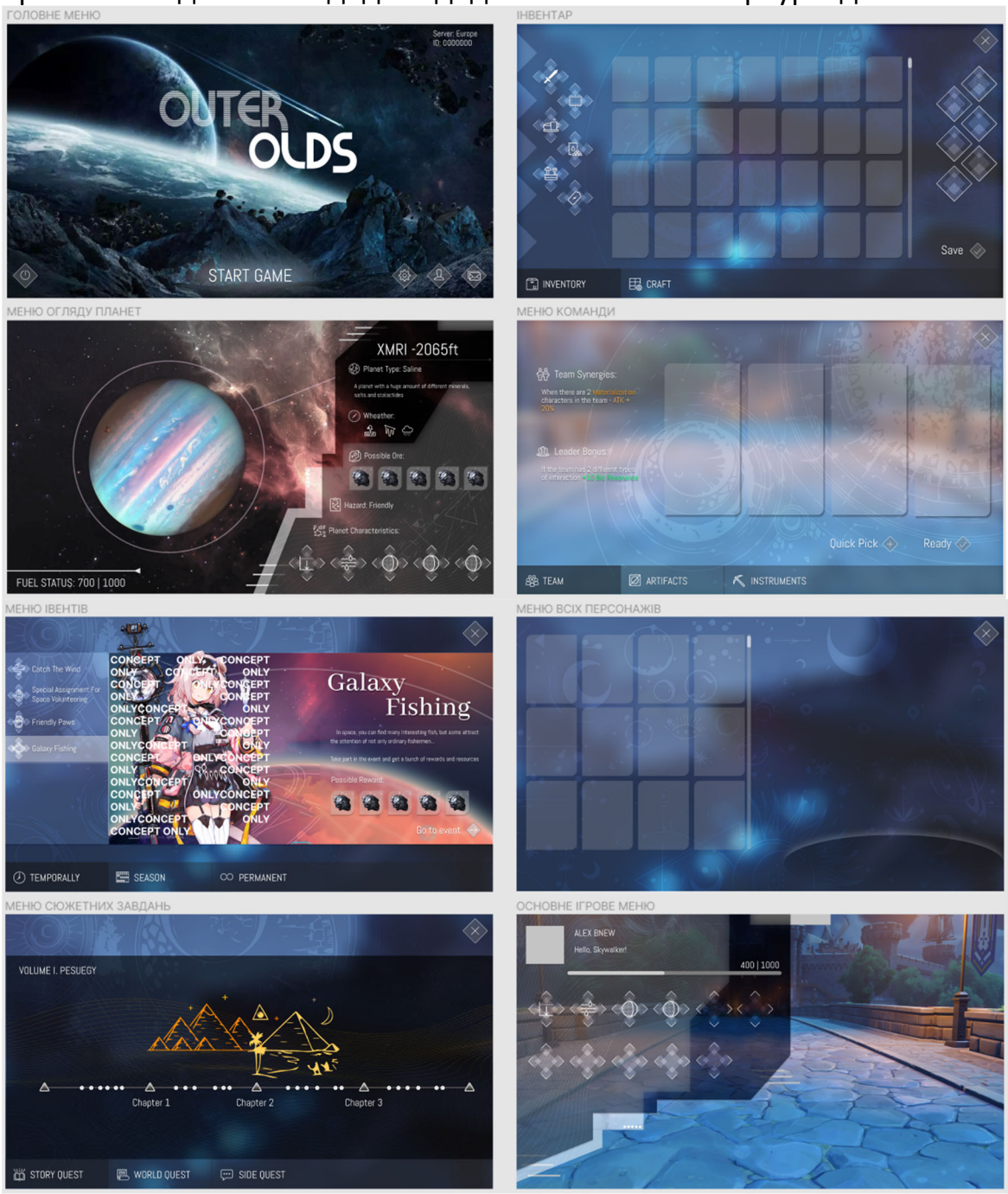


Рис.5. – Розробка візуального стилю для ігри

Позначення шкоди

Ігри в жанрі слешеру відрізняються динамічним кольоровим геймплеєм. Для того, щоб користувачу було легше розуміти яку шкоду персонаж наносить ворогу використовуються різні кольорові рішення, які тісно зв'язані з механікою гри. На даний момент є Матеріальна та Нематеріальна шкода, а також другорядна - Елементальна (рис. 6).

Рис. 6. – Розробка типів шкоди здібностей

Висновки. Розробка гри це праця, яка об'єднує великий спектр різних професій в сфері IT.

Розглянуті в роботі матеріали – це лише невеликий шматочок роботи. В цій статті не були обговорені такі теми як: Персонажі (їх дизайн та геймплей), музичний супровід, анімації та SFX, детальне пояснення роботи програми й ще багато чого. Дані теми не були висвітлені в проекту так як це дуже довгий процес, який неможливо спрогнозувати на начальному етапі розробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Становлення віртуального туризму як напряму розвитку інформатизації діяльності туристичного підприємства / Сущенко О.А., Кравченко В.В. // Комунальне господарство міст, 2018. – Вип. 140. – С. 19-24.
2. Використання гри для активізації навчально-виховного процесу: Посіб. для студ. пед. вузу та викладачів / Уклад.: Мішкурова В.Ф.; Пащенко М.І. – К.: Наук. світ, 2001. – 270 с.
3. Anguera J.A. Video game training enhances cognitive control in older adults. Nature. 2013. Vol. 501. P. 97-101. doi:10.1038/nature124863
4. Dye M.W.G., Green C.Sh., Bavelier D. Increasing speed of processing with action video games. Current Directions in Psychological Science. 2009. No 18. P. 321—326.
5. Дизайн-мислення для інновацій. Учбовий курс. – Режим доступу: https://courses.prometheus.org.ua/courses/course-v1:Prometheus+DTI101+2017_T3/course/ (дата звернення: 20.04.2022).
6. Боги та створіння Лавкрафту. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Cthulhu_Mythos_deities#Great_Old_Ones
7. Аналіз характеристик та вибір засобів розроблення комп'ютерних ігор / М.В. Мозговий, В.С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2015. – № 4 (74). – С. 96 -104.

УДК 72.012.8 (075.8)

ВИКОРИСТАННЯ UNREAL ENGINE У ЯКОСТІ БАЗОВОЇ ПЛАТФОРМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ДИЗАЙНУ ІНТЕР'ЄРУ

І.В. Вернер[1], М.В. Пімахов[2], М.О. Казакова[3]
[1]старший викладач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: ill3@ukr.net
[2]студент групи 132-19-2, e-mail: pimakhov.m.v@nmu.one
[3]студент групи 132-20ск-2, e-mail: kazakova.m.o@nmu.one
[1,2,3]Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі наводиться обґрунтування використання ігрового движка для потреб дизайну інтер'єрів. Наводяться приклади використання та особливості прі праці із системою Unreal Engine.

Ключові слова: гра, віртуальний тур, Unreal Engine, інтер'єрі, дизайн.

UNREAL ENGINE AS A BASIC VISUALIZATION PLATFORM FOR INTERIOR DESIGN

Ilya Verner[1], Mykhailo Pimakhov[2], Maria Kazakova[3]
[1]Lecturer, Department of Engineering and Generative Design, e-mail: ill3@ukr.net
[2]Student, e-mail: pimakhov.m.v@nmu.one
[3]Student, e-mail: kazakova.m.o@nmu.one
[1,2]Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper provides a rationale for the game engine use for interior design. Examples of usage and features when working with the Unreal Engine system are given.

Keywords: game, virtual tour, Unreal Engine, interior, design.

Вступ. Швидке накопичення інформації людством останніми роками дозволило, з одного боку, накопичити гігантські прірви знань. Але з іншого боку, освоїти більшу частину сучасної інформації протягом життя людини стало просто неможливо. Людство набуло величезних знань про навколишній світ, і неможливість розібратися до дрібниць в отриманих знаннях. Багато предметів стали настільки складні що фахівців які в них орієнтуються на землі буквально лічені одиниці.

В результаті даних об'єктивних процесів ми отримуємо людей, які не в змозі володіти і розуміти тонкощі сучасної науки, мистецтва і т.і. З метою популяризації знань та спрощення її донесення до широких мас – інформацію стали спрощувати і представляти у візуалізованому вигляді. Дизайнерські напрямки діяльності також не стояли на місці. В даний момент перед втіленням будь-якого продукту створюється його візуальний прототип, який узгоджується із замовниками або споживачами. І лише після цього починається процес реального втілення в життя.

При створенні дизайну речей або інтер'єру нам необхідно отримати технічне завдання, що містить вимоги і основою функціонал. І відштовхуючись від цих даних починати підбирати аналоги і аналізуючи їх створювати власні напрацювання [1-2].

Нам будуть потрібні системи автоматизованого проектування при створенні конструкцій, для отримання точних розмірів і параметрів матеріалів. А після цього потрібно створити візуальну модель у тривимірному просторі для представлення її замовнику.

З часом такий підхід почав не задовольняти замовників, тому що їм би хотілося у тривимірному просторі мати можливість оглядати свої майбутні покупки. А в ідеалі вони хотіли б мати змогу взаємодіяти з ними у віртуальному середовищі інтерактивно.

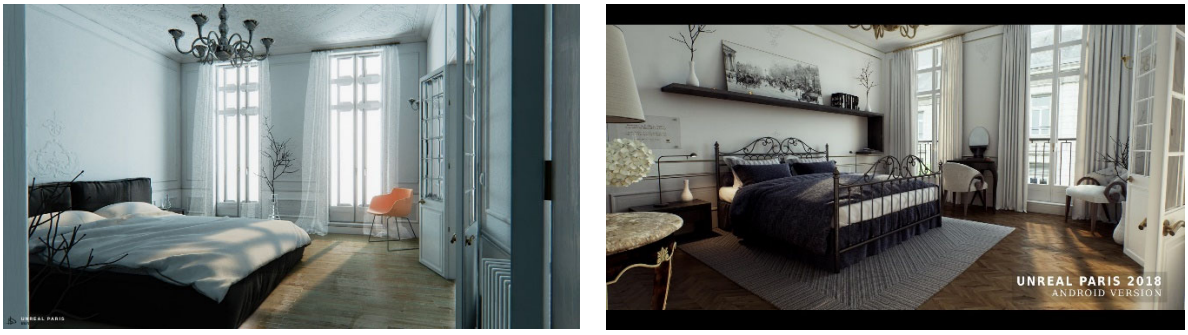
Індустрія інтерактивних ігор стрімко розвивається і дозволяє використовувати для реалізації цієї мети середовища ігрової розробки, що отримали назву ігрові движки. Саме застосування цих технологій до інтер'єрної візуалізації і розглядатиметься далі.

Мета роботи. Обґрунтувати та показати сучасні можливості ігрових двигунів для візуалізації інтер'єрів та будь-яких інших просторів на практичних прикладах.

Матеріал і результат досліджень. На ринку розробників комп'ютерних ігор широко поширені Unreal Engine і Unity. З низки причин, однією з яких є використання в процесі навчання взаємодії саме з Unreal Engine автори взяли за основу саме його [3].

Чому був обраний саме цей ігровий двигун? Він дозволяє отримувати найреалістичнішу картинку, при цьому не потребуючи найпотужнішого комп'ютерного обладнання.

Ще в минулих роках Unreal Engine 4 демонстрував нам фотографічну графіку. Найкращий приклад цьому – технічна демонстрація під назвою Unreal Paris. Зображення було реалістичним як на ПК так і на мобільних пристроях (рис. 1).



а) *б)*

Рис.1. – Приклад праці Unreal Pari: *а)* на ПК, *б)* на мобільному пристрої

І це свідчило про гарну оптимізацію двигуна. Ще тоді розробники ігор зацікавилися цією середою для розробки власних проектів.

Але, у 2021 році на зміну Unreal Engine 4 прийшов Unreal Engine 5, який запропонував технологію освітлення Lumen, що є найближчим аналогом Raytracing, при цьому користувачу необов'язково мати RTX-відеокарту, дефіцит яких можна спостерігати на просторах нашої країни.

Із приходом ще ліпшої графіки, ніж у 4-ій версії програми, її почали використовувати навіть в кіноіндустрії, бо цей інструмент має дуже широкі можливості для реалізації будь-якої ідеї. А умовна безкоштовність цього засобу робить його доступним для всіх бажаючих, а так як цей двигун окрім C++

пропонує ще візуальне програмування у вигляді системи Blueprint (щось подібне є у Blender), то навіть незнаюча людина зможе в ньому розібратись і створити власний шедевр не гірше за Голівуд або яку-небудь відому ігрову компанію.

Проте, користь цей двигун може принести не тільки в іграх або фільмах. Ця програма може бути у нагоді при відбудові нашої країни після скінчення війни, бо кожен захоче створити власний вигляд для свого будинку або своєї квартири та одразу побачити результат. І так як не вистачатиме на це спеціалістів – на допомогу приходить UE5. Цей продукт наддасть кожному бажаючому можливість побути в ролі дизайнера та архітектора за малих знань у програмуванні та моделюванні.

Наприклад, на скріншотах нижче (узято з технічної демонстрації, розробленої студентом), можна побачити реалістичне сонячне освітлення під час заходу сонця із врахуванням фізичних властивостей кольорів та матеріалів: ступінь поглинання світла, відбиття світла із передачею кольорів та ін (рис. 2).

Рис.2. – Приклад праці із джерелами освітлення природніми

Можна також зробити симуляцію джерел штучного освітлення: лампи, світлодіодні стрічки та ін. А запрограмовані користувачем вимикачі надають можливість подивитись за поведінкою світла у просторі в реальному часі (рис. 3):

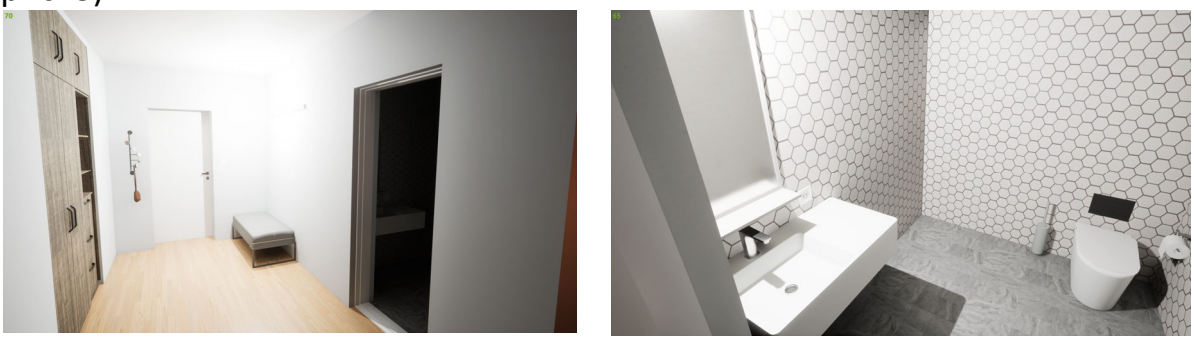


Рис.3. – Приклад праці із джерелами освітлення штучними

Найбільшого WOW-ефекту завдає запрограмована можливість змінювати кольори та матеріли меблів та не тільки в реальному часі (рис. 4).

Рис.4. – Приклад змінення кольорів та освітлення у реальному часі

А м’яке освітлення з можливістю редагування кольорів та температур на пару із фотореалістичними текстурами та картами нормалей надають якусь неймовірну насолоду для очей (рис. 5).

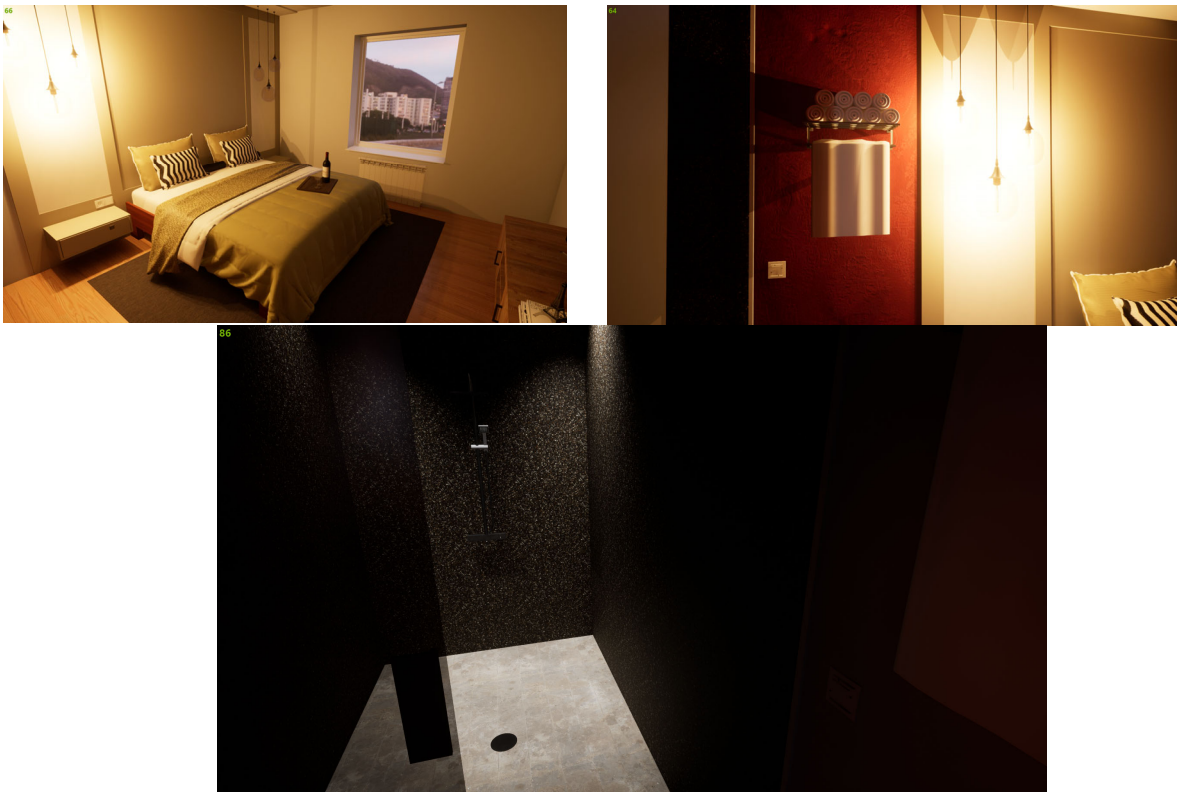


Рис.5. – Приклад праці із кольорами джерел освітлення

А для повного ефекту присутності, можна, наприклад, надати користувачеві можливість за натисненням кнопки вмикати телевізор із культовим фільмом, або вбудувати бібліотеки для перегляду цієї краси у шоломі віртуальної реальності (рис. 6) [4]…

Рис. 6. – Використання відео у якості текстури TV техніки

Висновки: Unreal Engine 5 має майбутнє не тільки доброї для кіно VFX-програми, чи ігрового двигуна, а й потужного архітектурного та дизайнерського інструменту, що наддасть можливості для створення нових робочих місць та пришвидшить будівні та ремонтні роботи.

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. Мигаль С.П. Теоретичні засади біодизайну просторово-предметного середовища / С.П. Мигаль, Т.Є. Казанцева //Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Наук.-техн. збірник / Відповід. ред. М.М. Дьомін. – К.,КНУБА, 2012. – Вип.31. – с.143 – 157.
3. Аналіз характеристик та вибір засобів розроблення комп'ютерних ігор / М.В. Мозговий, В.С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2015. – № 4 (74). – С. 96 -104.
4. Пімахов М.В. Приклад моушен-графіки візуалізації інтер'єру. – Режим доступу: https://youtu.be/sPoPZsF5ivQ (дата звернення: 20.05.2022).

УДК 62-4

ДИЗАЙН КОПЬЮТЕРНОГО СТОЛУ З УРАХУВАННЯМ ЕРГОНОМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОРИСТУВАЧА

І.М. Мацюк[1], Д.М. Лобащук[2]

[1]кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м Дніпро, Україна, e-mail: matsiuk.i.m@nmu.one

[2]студент групи 132-19ск-2, кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», проспект Дмитра Яворницького, 19, м. Дніпро, Украина, e-mail: teams220@gmail.com

Анотація. В роботі запропоновано проект комп'ютерного столу з урахуванням ергономічних розрахунків одного з авторів з метою покращення якості роботи та правильної організації робочого простору.

Ключові слова: Стільниця, стіл, ергономіка, розрахунок.

DESIGN OF THE COMPUTER TABLE TAKING INTO ACCOUNT THE USER ERGONOMIC PROPERTIES

Iryna Matsiuk[1], Dmitri Lobashchuk[2]

[1]Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: matsiuk.i.m@nmu.one

[2]student, of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: teams220@gmail.com

Abstract. The paper proposes a computer desk design taking into account the ergonomic calculations of one of the authors in order to improve the quality of work and the correct organization of the workspace.

Keywords: Table top, table, ergonomics, calculation.

Вступ. Робота за комп'ютером забирає багато часу у більшості сучасних людей. І для того, щоб цей час було проведено з користю та найменшим впливом на здоров'я , необхідно правильно підібрати комп'ютерний стіл.

Робоче місце формує здоров'я спини та безпосередньо впливає на ефективність праці. Як не крути, у вік сучасних технологій ми проводимо за комп'ютером більшу частину часу, тому питання про те, як вибрати комп'ютерний стіл та належним чином облаштувати робочу зону дуже важливе.

Я все своє життя сиджу за одним і тим самим робочим столом: робив домашнє завдання до школи, грав у ігри, дивився фільми і т.д. І мене завжди влаштовувало в принципі все в ньому: полички для зошитів, деяких фігурок,

місце для чашок, для клавіатури, мишки, другого монітора, але раніше я проводив за ним максимум 4-5 годин і йшов гуляти.

Зараз з того часу, як почалася пандемія, я все більше часу проводжу за комп'ютером. Також робота вимагає статичного становища перед комп'ютером мінімум 8 годин тому що відриваючись, просто втрачаєш темп праці. Було прийнято рішення купувати комп'ютерне крісло з подушкою під поперек і для шиї, щоб хоч якось полегшити цей здавалося б не потребуючий навантажень процес. Але з часом я починаю помічати, що за своїм столом дуже довго теж не зовсім комфортне працювати [1].

Відповідно моїх ергономічних розрахунків (табл.1) я створив 3D-модель столу яка показана на рисунку 1.

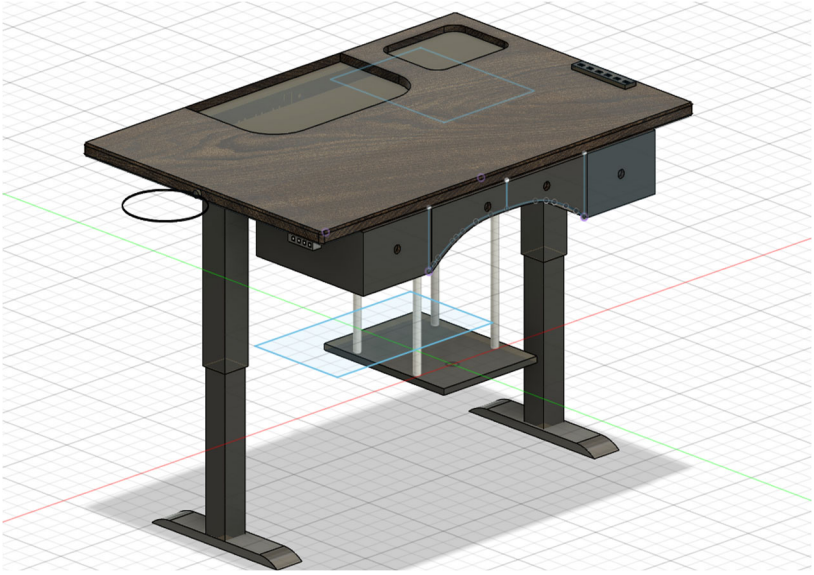


Рис. 1. – 3D-модель робочого столу

Таблиця 1. – Особості ергономічні заміри

Показник	**Умовне позначення**	**Розмір, см**		
		x_1	x_2	$x_{ср}$
Зростання тіла (стоячи)	1	180	179	179.5
Висота очей	2	169	169	169
Дельтовидна ширина плечей	3	50	51	50.5
Ширина опущених рук	4	50	50	50
Найбільший сагітальний діаметр тіла	5	27	27.5	28
Висота до ліктя зігнутої руки	6	111	110	111
Довжина руки, витягнутої вперед	7	78	78	78
Передпліччя - кисть	8	47	48	47.5
Довжина плеча	9	37	37	37
Довжина руки, витягнутої убік	10	71	70	70.5
Довжина редукованої руки	11	64	64	64
Довжина тіла з витягнутою рукою	12	218	218	218
Висота очей над сидінням	13	74	72	73
Довжина тіла над сидінням	14	90	91	90.5

Висота сидіння до найбільш виступаючої частини голови	15	80	82	81
Висота плечей над сидінням	16	58	58	58
Висота лопаток над сидінням	17	43	42	42.5
Висота попереку над сидінням	18	27	27	27
Висота ліктя над сидінням	19	20	20	20
Діаметр стегна	20	28	30	29
Висота коліна	21	44	44	44
Висота від підошви до сидіння	22	48	47	47.5
Довжина стегна редукованого	23	60	62	61
Довжина стегна	24	57	57	57
Довжина ноги	25	103	100	101.5
Довжина ступні	26	25	26	25.5
Ширина розсунутих ліктів	27	73	73	73
Найбільший діаметр стегон	28	38	40	39
Висота від підошви до підколінної западини	29	48	50	49
Ширина ліктів	30	45	45	45

Мета роботи. Вдосконалення робочого місця. Покращення робочого процесу для людини. Розробка власного комп’ютерного столу відповідно особистих ергономічних розрахунків.

Матеріал та результати досліджень. Стільниця розмірами 1200x800x40 зроблена або з дерева [2] або з HPL-пластику [3], в ній будуть два вирізи під монітори, або один під канцелярію.

Під самою стільницею будуть ящики з АБС пластику розмірами 1100x350x200 зі спеціальним вирізом для ніг по центру.

Дуже зручно коли ти сидиш працюєш, а твій телефон заряджається у тебе під рукою, а не в іншому кінці кімнати. Телефон, навушники, портативна зарядка та будь-які інші пристрої завжди у вас поруч. Тому по ліву сторону буде вбудований USB-хаб з 5 USB-роз'ємами (2 з швидкою, та 3 зі звичайною зарядкою)

Справа на стільниці буде кріпитися спеціальне кільце для сміттєвого кошика, так як на мою думку це досить необхідна річ, щоб на робочому місці не було зайвого. Із заднього боку столу буде розташований мережевий фільтр- це 5 розеток позаду столу спеціально для всього обладнання, яке буде на столі. Для мене це: комп'ютер, два монітори, настільна лампа та одна запасна

Завдяки дроту (1-3 м, провід витягується і доводиться механізмом назад у короб, дивлячись яка довжина потрібна) який йде від столу, можна не переживати про те, де можна поставити стіл. Біля стіни або посередині кімнати.

Під столом ліворуч від ніг буде підставка для системного блоку, щоб при підйомі столу дроти не натягувалися, а завжди знаходилися в статичному положенні.

Для столу я вибрав ніжки з звичайної сталі, але регульовані, щоб туди можна було помістити моторчик і газ-ліфт для підйому конструкції.

Функціонально-вартісний аналіз. Детально розібравшись з тим як виглядатиме стіл і з яких матеріалів зроблено, розрахуємо його вартість по деталях, та перенесем усе у таблицю 2:

Таблиця 2 – Комплектуючі столу

Елементи	Функція	
Назва	Позначення	Опис
Стільниця	Φ_1	Основна частина робочого стола
Ніжки столу	Φ_2	Служать опорою для стільниці, та можуть підіймати її вверх та униз
Шухлядки	Φ_3	Служать для зберігання речей
Механізм підйому столу	Φ_4	Допомогає піднімати стіл в вертикальному положенні на висоту до 1200мм
Мережевий фільтр	Φ_5	Дозволяє включати до 5 пристроїв, має кабель живлення який витягується при необхідності
USB-хаб	Φ_6	6 роз'ємів USB, 2 з яких зі швидкою зарядкою, а 4 зі звичайною
Місце для комп'ютера	Φ_7	Полиця на якій буде стояти системний блок
Кільце для кошика	Φ_8	Призначені для комфортного зберігання сміття

Перенесемо усі ціни та розрахуємо ефективність та значимість усіх елементів у таблиці 3.

Таблиця 3 – Ефективність та значимість комплектуючих

№	Елементи	Функція	Значимість, %	Вартість, %	Ефективність
1.	Стільниця	Φ_1	22%	27%	21%
2.	Ніжки столу	Φ_2	18	11%	19%
3.	Шухлядки	Φ_{83}	7%	19%	8%
4.	Механізм підйому столу	Φ_4	13%	22%	15%
5.	Мережевий фільтр	Φ_5	15%	8%	14%
6.	USB-хаб	Φ_6	10%	7%	10%
7.	Місце для комп'ютера	Φ_7	10%	4%	5%

8.	Кільце для кошика	$Ф_8$	5%	2%	8%

Матеріал HPL-пластик. Пластик HPL поставляється у вигляді панелей, доступних у різних розмірах, товщинах та фінішних тисненнях. Можлива товщина виробленого матеріалу варіюється від 0,6 мм до 30 мм.

В основному, пластик HPL на 60% складається з крафт-паперу, тоді як решта 40% це термореактивні смоли, з яких фенольні смоли – для основних шарів та меламінова смола – для поверхневого шару. Окремі серії та колекції пластику HPL виготовляються з металевими шарами армованої серцевини, у той час як інші мають металеві плівки або шпон як декоративну поверхню.

Спеціальні добавки «антипірени», які вводяться в смоли та в папір у процесі їх виробництва, перешкоджають запаленню та горінню пластику. HPL має температуру займання 400-450 градусів, тому в діапазоні температур від – 50 до + 60 градусів не змінює своїх характеристик, витримує короткочасне підвищення температури до 150-160˚С, за яких не виділяє шкідливих речовин.

Декоративні паперово-шаруваті пластики екологічно нейтральні та безпечні, тому що:

- це стійкий до агресивного середовища матеріал;
- у використанні не мають відходів або викидів;
- складається з 70% целюлози та 30% смоли;
- відходи від декоративних пластиків можуть бути повторно оброблені в офіційно затверджених промислових установках для переробки.

Висновок. Після того як ми виявили проблеми, які заважають продуктивності за робочим місцем, була розроблена 3д модель мого столу, який зроблений на основі моїх ергономічних значень. Розглянули елементи столу, матеріал і підрахували ефективність кожної деталі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chowning Height Adjustable Standing Desk https://www.wayfair.com/furniture/pdp/inbox-zero-chowning-height-adjustable-standing-desk-w005952173.html
2. What Are The Top Benefits Of Solid Oak Furniture? https://www.oakandpineonline.co.uk/uncategorised/benefits-of-solid-oak-furniture/
3. What are High-Pressure Laminates (HPL) https://thewoodcourt.com/events/what-are-high-pressure-laminates-%28hpl%29

УДК 622.625.28

ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТУ ОФІСНОГО КРІСЛА ДЛЯ РАЦІОНАЛЬНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ ЕРГОНОМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Т.О. Письменкова[1], І.Ю. Пашковський[2]

[1]кандидат педагогічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

[2]студент групи 132-19ск-2, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: Pashkovskyi.I.Y@nmu.one

Анотація. В роботі проведено аналіз використання офісного крісла споживачем, виявлено наслідки для здоров'я при неправильному положенні тіла під час сидіння, запропоновано рішення проблеми шляхом розробки ергономічної підставки для ніг.

Ключові слова: офісне крісло, ергономічна підставка для ніг, ергономічні властивості, антропометричні показники.

THE OFFICE CHAIR ELEMENT DETERMINATION FOR RATIONAL IMPROVEMENT OF ERGONOMIC PROPERTIES

T. Pismenkova[1], I. Pashkovsky[2]

[1]Ph.D., Associate Professor, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

[2]student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: Pashkovskyi.I.Y@nmu.one

Abstract. The paper analyzes the use of an office chair by a consumer, identifies the health consequences of incorrect body position while sitting, and proposes a solution to the problem by developing an ergonomic footrest.

Keywords: office chair, ergonomic footrest, ergonomic properties, anthropometric indicators.

Вступ. Значення крісла (місця для роботи) в нашому житті дуже складно переоцінити, особливо для офісного співробітника, який проводить у кріслі значну частину життя. Денверським фахівцям вдалося з'ясувати, що при 8-годинному робочому дні за середньої тривалості життя в 65 років людина проводить за роботою 7 років свого життя [1]. Також середньостатистична людина після роботи йде не на прогулянку, тренування або ще на якийсь активний відпочинок, а йде додому, де проводить малоактивний спосіб життя. Більшість людей після роботи продовжують сидіти на офісному кріслі, але вже вдома за комп'ютером, тому час проведений в офісному кріслі значно перевищує 7 років життя.

Крісло - це та річ, від якої безпосередньо залежить не лише працездатність, а й здоров'я працівника. Крісло, що не відповідає медичним, антропометричним і гігієнічним нормам, рано чи пізно призводить до хвороб суглобів та кісток, порушенню кровообігу та роботи лімфатичної системи. Головною їх причиною є неправильне положення тіла [2].

Мета роботи - удосконалення ергономічних властивостей офісного крісла. Адаптація технічного об'єкта до конкретної людини та умов його роботи.

Матеріали і результати досліджень. Під час сидіння групи м'язів плечового поясу та спини зазнають тривалих статичних навантажень, внаслідок чого і виникає дуже багато різних проблем. Неправильна постава призводить до сильного розтягання м'язів, які підтримують хребет. Наслідками можуть стати болі, а відсутність навантаження призводить до атрофування м'язів, остеохондрозу, розладу нервової системи, порушення опорно-рухового апарату, головного болю, зниження апетиту, уповільнення кровообігу, проблеми з травленням, а також хвороби вен та суглобів кінцівок.

В ідеалі стілець чи крісло повинні мати м'яке сидіння із закругленим закінченням, щоб не передавлювати судини в підколінній ямці, коліна повинні бути зігнуті під прямим кутом, а стопи – плоско стояти на підлозі або на спеціальній підставці. Спинка крісла повинна підтримувати нижню половину спини та повторювати її згини, але при цьому не бути жорстко закріпленою. Розташувавши руки на клавіатурі, слід стежити, щоб ваші плечі були напружені, а руки зігнуті приблизно під кутом 90°. У кріслі повинні бути підлокітники, які не повинні занадто підпирати лікті та змушувати підніматися плечі надто високо.

Для того щоб створити ергономічне крісло, що задовольняє потреби населення, яке входить у 95 відсотків цільової аудиторії, і зробити це крісло доступним за ціною, проведено функціонально-вартісний аналіз офісного крісла.

Офісне крісло складається з багатьох різних деталей, які тісно взаємопов'язані між собою (рис.1). Кожен елемент офісного крісла відіграє важливу роль при його ефективній експлуатації.

Більшість елементів офісного крісла повинні враховувати антропометричні характеристики споживача, сприяти його комфорту, але при цьому відповідати критеріям працездатності та надійності.

Більшість цих елементів має в своєму складі механізми, які роблять крісло більш ергономічним, комфортним, яке підходить під антропометричні особливості тіла, тобто змінюють його характеристики «під споживача».

1 – підголівник,
2 – спинка,
3 – підлокітники,
4 – сидіння,
5 – оббивка,
6 – газ-ліфт,
7 – механізми,
8 – хрестовина,
9 – ролики,
10 – підставка для ніг

Рис. 1. – Елементи офісного крісла

Опис функцій кожного елемента крісла представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Функції елементів офісного крісла

Назва елементу	Опис функції
Сидіння	Цей елемент призначений для розташування основної частини тіла на кріслі
Спинка	Служить опорою для спини споживача, повторює вигини спини і допомагає зняти напругу з неї.
Підлокітники	Служать для підтримки рук під певним кутом
Підголівник	Допомагає зняти навантаження з шийного відділу та розслабити плечі
Газ-ліфт	Служить для регулювання висоти посадки
Механізми	Сукупність механізмів, які необхідні для підстроювання крісла під індивідуальні потреби користувача
Хрестовина	Основа крісла, на якій тримається вся конструкція та вага людини
Ролики	Призначені для пересування крісла поверхнею
Оббивка	Служить для підвищення комфорту сидіння на кріслі та підвищує естетичність
Наповнювач	Відповідає за м'якість
Підставка для ніг	Знижує навантаження на м'язи та куприка. Покращується відтік лімфи, нормалізується кровообіг

Спираючись на складові і функції кожного елементу офісного крісла зроблено функціонально-вартісний аналіз технічного об'єкта. Результати аналізу наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 - Функціонально-вартісний аналіз технічного об'єкта

Елементи	Значимість, %	Вартість, %	Ефективність
Сидіння	13%	15%	0.86
Спинка	14%	16%	0.87
Підлокітники	8%	7%	1.14
Підголівник	7%	7%	1
Газ-ліфт	7%	5%	1.4
Механізми	9%	17%	0.52
Хрестовина	14%	5%	2.8
Ролики	5%	3%	1.66
Оббивка	5%	10%	0.5
Наповнювач	5%	8%	0.62
Підставка для ніг	13%	7%	1.85
	100%	100%	

Отримані результати функціонально-вартісного аналізу офісного крісла дозволили обрати значущий функціональний елемент крісла для удосконалення його ергономічних властивостей з урахуванням вартості елементу та ефективності його використання. Цим елементом обрано підставку для ніг.

Ортопеди впевнені, що хорошу поставу неможливо зберегти, якщо ставити ноги сидячи неправильно.

Недолік класичного офісного крісла з підставкою для ніг (рис. 1) це принцип будови підставки. Підставка для ніг діє по принципу телескопу, висувається досить далеко вперед, що викликає незручності, коли у працівника є необхідність зняти навантаження з ніг не відриваючись від робочого процесу. Зазвичай, у офісі столи розташовані так, що працівники знаходяться досить близько друг навпроти друга, тому така підставка та ноги відпочиваючого будуть заважати працювати іншому працівнику, а положення тіла відпочиваючого не завжди буде виглядати естетично і відповідати нормам поведінки в суспільстві. Крісло з такою підставкою призначене для повноцінного відпочинку та не може використовуватись під час роботи в офісі.

Обмеження працівника офісу в часі на відпочинок робить неможливим використання даного виду підставки, тому в ній немає жодного сенсу. Підставки принципу дії телескоп не регулюються за кутом нахилу і призначення для підтримання ніг в області голені.

Вимогами [3, 4] передбачені загальні рекомендації і вимоги до робочої пози і устаткування, в тому числі і до підставок для ніг:

– простір для ніг має передбачати згин коліна під кутом 120° і згин щиколотки під кутом 10°;

– підставка для ніг повинна бути регульованою по висоті;

– ширина підставки для ніг повинна бути не менше ніж 300 мм, довжина - не менше ніж 400 мм;

– поверхня підставки повинна бути рифленою;
– висота простору для ніг - не менше ніж 600 мм;
– ширина простору для ніг - не менше ніж 500 мм.

Ергономічні розрахунки в яких використовувались антропометричні показники тіла (табл. 2) дозволили визначити габаритні розміри підставки для ніг.

Таблиця 3 – Антропометричні показники тіла

Показник	Розмір, см		
	x_1	x_2	$x_{ср}$
Висота від підошви до сидіння	45	43	44
Найбільший діаметр стегон	43	45	44
Довжина стопи	29	28,5	28

Так довжина підставки 400 мм, тому що діаметр стегон складає 440 мм, а ширина сидіння 510 мм, враховуючи припуск [3, 4, 5]. Ширина (300 мм) підставки була спроектована таким чином, щоб відповідати розміру ступні, довжина яких складає 280 мм. А довжина балок, які утримують саму пластину, складає 450 мм, відповідаючи висоті від стопи до сидіння (440 мм) та враховує наявність взуття на ногах людини [3, 4].

Модель підставки для ніг розроблено в програмі Fusion 360 (рис. 2).

Товщина пластини що використовується для підставки (10 мм) обґрунтовується інженерними розрахунками.

Розрахунок на перевірку деформації пластини під навантаженням перевірено у програмі Fusion 360 (рис.3). Отриманий результат візуально демонструє області максимального навантаження на окремі елементи підставки для ніг, що в свою чергу дозволяє коригувати параметри конструкції.

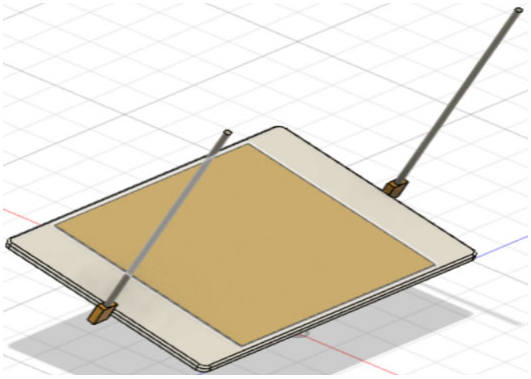


Рис. 2. – 3D модель підставки для ніг

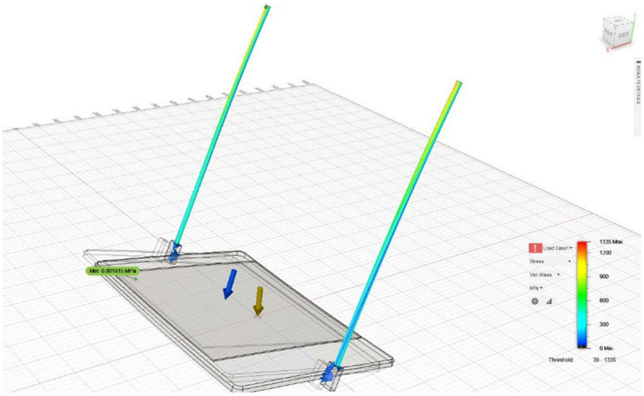


Рис. 3. - Перевірка на деформацію пластини під навантаженням у програмі Fusion 360

В якості матеріалу для пластини було обрано капролон. Цей матеріал в порівнянні зі сталлю дешевший, міцніший, його вага набагато менша, а термін використання більший, цей матеріал легко піддається всім видам механічної обробки. Також капролон має властивість знижувати динамічне та вібраційне навантаження, саме ці показники важливо враховувати під час проектування підставки для ніг. Фізичні можливості людини знаходитися в нерухомому положенні тривалий час значно обмежені, тому періодично під вагою людини будуть створюватися такі навантаження.

Висновки. Використання в офісному кріслі запропонованої підставки для ніг дозволить підлаштовувати її під потреби користувача за кутом нахилу, а також нею можливо буде користуватись під час роботи, а не тільки під час відпочинку. Це в свою чергу призведе до підвищення працездатності, комфорту та покращення фізичного і ментального здоров'я працівника. Також здешевлення елементу офісного крісла через використання капролону зробить більш конкурентоспрожним цей виріб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Ергономіка і технічна естетика» для студентів спеціальності 132 Матеріалознавство / К.А. Зіборов, Т.О. Письменкова, О.М. Твердохліб, І.В. Вернер – Дніпро: НТУ «ДП», 2022. – 39 с

2. Наука та життя. Фізична активність та мозок – інтернет сторінка: https://www.nkj.ru/archive/articles/32066/

3. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги

4. ДСТУ ISO 11064-4:2009. Проектування центрів керування ергономічне. Частина 4. Компонування та розміри автоматизованих робочих місць. – БЗ № 1-2010/180 – К. ДП «УкрНДНЦ»

5. ДСТУ ISO 9241-5:2004. Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі.

6. Інженерна творчість і патентознавство : підручник / Л.Н. Ширін, В.О. Салов, О.В. Денищенко, С.Є. Барташевський, Є.А. Коровяка, В.О. Расцвєтаєв ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2019. – 300 с.

7. Бородіна Н.А., Зіборов К.А., Чеберячко С.І., Дерюгін О.В., Письменкова Т.О., Бас І.К. Оцінка ергономічних ризиків в ергатичних системах. Навчальний посібник. – Дніпро: Середняк Т.К., 2021, - 130 с.

УДК 725.31.057

ПІДВИЩЕННЯ ЕРГОНОМІЧНОСТІ НАСТІЛЬНОЇ ЛАМПИ LIGHTMASTER DE 1142

Д.Д. Поєдинок[1], Д.О. Довгаль[2]
[1]студент групи 132-18-2, e-mail: poiedynok.d.d@nmu.one
[2]доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one
[1,2]Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. У роботі запропонований варіант модернізації конструкції настільного точкового освітлювача з метою підвищення ергономічності виробу. Розроблено та впроваджено в існуючу конструкцію освітлювача поворотний механізм, який забезпечую можливість керування напрямком світлового потоку під час експлуатації.

Ключові слова: настільний освітлювач, ергономіка, поворотний механізм, 3D-модель, Inventor

INCREASING THE ERGONOMICS OF A TABLE LAMP LIGHTMASTER DE 1142

Denys Poiedynok[1], Denys Dovhal[2]
[1]Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: poiedynok.d.d@nmu.one
[2]Ph.D., Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: dovhal.d.o@nmu.one

Abstract. This article proposes a variant of modernization of the design of a table spotlight in order to increase the ergonomics of the product. A rotary mechanism has been developed and implemented in the existing design of the luminaire, which provides the ability to control the direction of light flux during operation.

Keywords: table light, ergonomics, rotary mechanism, 3D-model, Inventor

Вступ. При організації робочих місць велике значення надається правильному освітленню. Якісне та правильне освітлення підвищує гостроту зору, прискорює процес праці й поліпшує її якість. У свою чергу, погане освітлення призводить до перенапруження і швидкого стомлення органів зору, погіршення якості роботи, травматизму тощо. Для освітлення робочого місця використовують – загальне освітлення і точкове. Для забезпечення оптимальних параметрів точкового освітлення робочого місця, а також створення максимально зручних умов його налаштування створені різні види і типи світильників [1]. Різні конструкції освітлювачів мають свої переваги і недоліки з точки зору ергономічних показників, тому завдання створення конструкції настільного освітлювача, яка б відповідала більшості ергономічних вимог [2], є актуальним завданням.

Мета роботи полягає в аналізі існуючих джерел світла та конструктивних варіантів точкових настільних освітлювачів на предмет їх економічності та ергономічності, а також забезпечення можливості обертання плафону конструкції освітлювача, що взята за основу, праворуч і ліворуч з метою покращення його ергономічних характеристик, а саме зручного керування напрямком світлового потоку для забезпечення раціонального точкового освітлення робочого місця.

Матеріал і результат досліджень. На сьогодні існує 4 типи джерел світла, які використовуються у точковому освітленні: лампа розжарювання (рис.1, а), галегенна лампа (рис.1, б), люмінесцентна лампа (рис.1, в), діодна лампа (рис.1, г). Кожен з цих типів має свої переваги та недоліки.

а б в г

Рис.1. – Типи джерел світла

На сьогодні існує безліч варіантів конструктивних рішень для світильників, які забезпечують точкове освітлення робочого місця. По суті вони відрізняються формою плафону, матеріалом, конструктивними варіантами виконання корпусу, можливостями керування параметрами світла та налаштування його направленості (рис.2) [2].

Рис.2. – Типи світильників

Проаналізувавши існуючі джерела освітлення та типи світильників, в якості об'єкта дослідження була вибрана настільна лампа LIGHTMASTER DE 1142 (рис. 3), оскільки вона використовує в якості джерела освітлення – світлодіоди

(вони економічні, мають найменшу вартість, довговічні, надійні та забезпечують необхідні параметри освітлення робочого місця). Конструкція лампи – проста, потребує невеликих витрат матеріалів під час виробництва та, як показав досвід експлуатації, надійна, а її елементи можуть бути утилізовані з мінімальними екологічними наслідками[3]. Має мінімалістичний дизайн та може бути вписана практично у будь-який інтер'єр, є легкою і мобільною. Вартість такого освітлювача знаходиться у межах середньої.

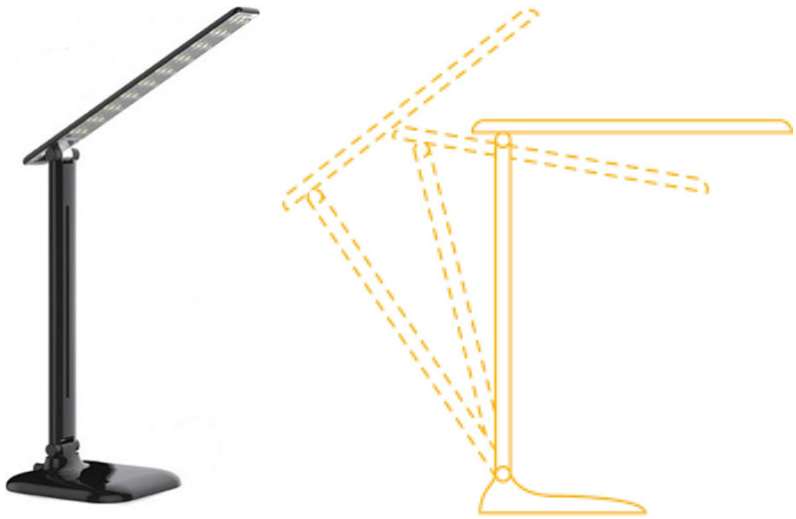


Рис.3. - Настільна лампа LIGHTMASTER DE 1142

В результаті функціонального аналізу встановлено, що суттєвим недоліком даної конструкції освітлювача, з точки зору ергономіки, є те, що лампа не має поворотного механізму, і, якщо з'являється потреба змінити напрямок світла, то необхідно повертати усю лампу разом із стійкою (корпусом), а це не зручно.

Отже для вирішення поставленого завдання було запропоновано розробити поворотний механізм, який буде знаходитися між корпусом та площиною обертання світлодіодного плафону (рис.4). Для забезпечення цієї зміни конструкції була спроектована та виготовлена деталь (рис.5) та підібраний відповідний кульковий упорний підшипник (рис. 6) [4].

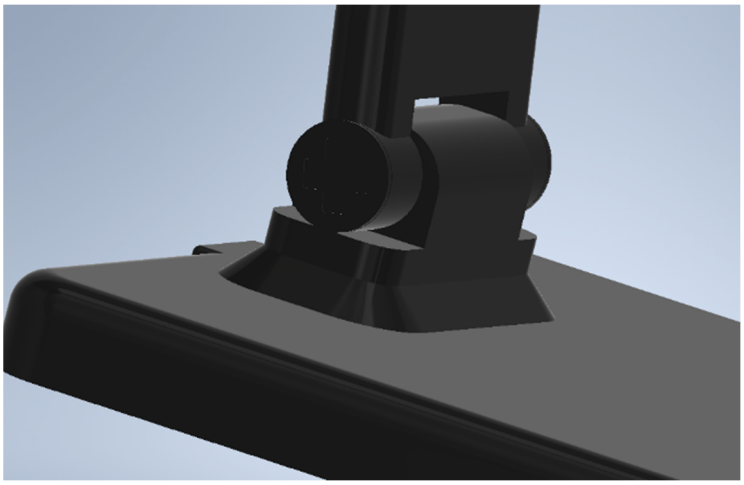


Рис.4. – Вузол, що потребує модернізації

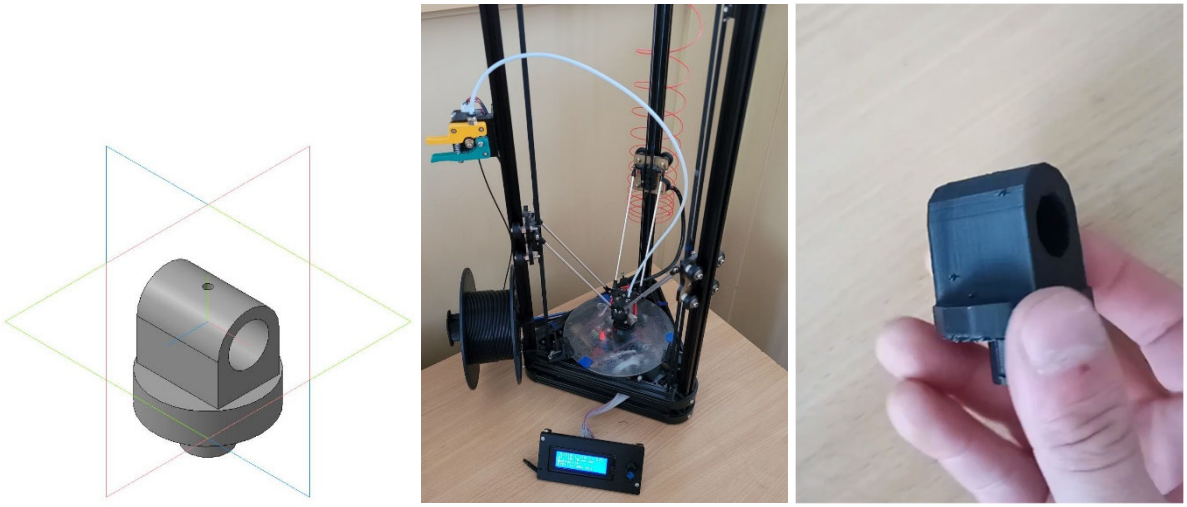


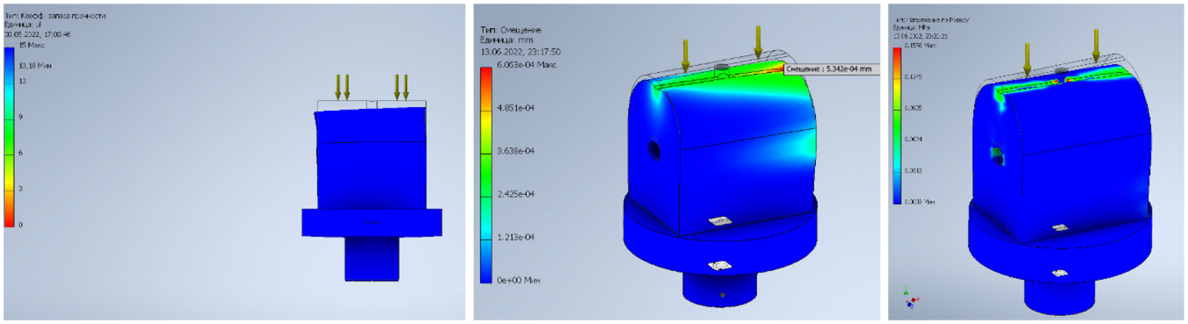
Рис.5. – Деталь поворотного механізму

Внутрішній діаметр, d мм	10
Зовнішній діаметр, D мм	24
Висота, B мм	9
Грузопідйомність статична C, Кн	14
Вага m, кг	0,02

Рис.6. – Підшипник поворотного механізму

Розрахунок деталі на міцність під дією статичних навантажень був виконаний методом скінченних елементів у середовищі Autodesk Inventor (рис.7).

Були проведені дослідження на коефіцієнт запасу міцності спроектованої деталі (рис.7,а), а також на зміщення (рис.7,б) та на напруження по Мізесу (рис.7,в).



а б в

Рис.7. – Розрахунок деталі поворотного механізму на міцність

В результаті виконаного моделювання і розрахунку визначено, що коефіцієнт запасу міцності знаходиться в допустимих межах від 12 до 15. Максимальне зміщення становить 5,342 $*10^{-4}$ мм, що є зневажливо малим значенням відносно розмірів спроектованої деталі поворотного механізму. Третім розглянутим параметром стало напруження по Мізесу. Сутність полягає в тому, що пластиковий матеріал починає пошкоджуватися в місцях, де напруження Мізеса стає рівним граничному напруженню. У більшості випадків в якості граничного напруження використовується межа плинності. Отже, з аналізу і цього параметру, як можна бачити з градієнтної схеми на рис.7,в, виходить, що спроектована деталь витримає усі можливі навантаження та її форма не зазнає деформації, а матеріал - руйнування.

Наступна деталь, що необхідна для забезпечення заявленої додаткової функції – це підшипник. Для цього було обрано упорний кульковий підшипник з характеристиками, що вказати на рис. 6. У порівняння з іншими типами підшипників – така конструкція підходить найбільше для нашого випадку модернізації.

Таким чином в результаті модернізації була отримана змінена конструкція настільного освітлювача, яка має додатковий ступінь свободи – а саме, можливість здійснювати обертання плафону, а отже і мета з вирішення завдання щодо поліпшення ергономічних параметрів даного виробу досягнута.

Висновки. За результатами проведеної роботи сформульовані наступні висновки:

1. Проаналізовані джерела освітлення, які використовуються у точкових освітлювальних приладах, виявлені їх основні переваги і недоліки.
2. Проаналізовано існуючі конструкції точкових освітлювачів, виявлено їх переваги і недоліки з точки зору ергономічності.
3. Огляд існуючих конструктивних рішень, застосовуваних матеріалів та технології виробництва точкових освітлювачів, дав змогу визначити найбільш раціональний, з точки зору простити, надійності, вартості, дизайну та ін. критеріїв конструктивний варіант освітлювача для здійснення подальшого поліпшення з точки зору ергономіки.
4. Функціонально-вартісний аналіз виробу показав, що суттєвим недоліком існуючої конструкції є відсутність поворотного механізму, що дозволяв би забезпечувати зміну напрямку світла під час експлуатації виробу.
5. Для забезпечення додаткового ступеня свободи плафону освітлювача в його конструкцію запропоновано внести зміни шляхом додавання поворотного механізму, функціонування якого забезпечується спроектованою деталлю і підшипником 51100.
6. Проведений розрахунок на міцність спроектованої деталі поворотного механізму методом скінченних елементів показав, що деталь має високий коефіцієнт запасу міцності і незначні зміщення відносно розмірів деталі, що не впливають на зміну її форми та порушення параметрів, що забезпечують її функціональну придатність.
7. За допомогою 3D-delta-принтеру виготовлено натурний зразок спроектованої деталі механізму.
8. Аналіз технологій переробки окремих елементів світильника дає змогу віднести даний виріб до таких, що можна повністю утилізувати, використовуючи сучасні технології рециклінгу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Айзенберг Ю. Б. Основи конструювання світлових приладів: навчальний посібник для вузів/Ю. Б. Айзенберг. -М. : Вища школа, 1996. -704 с.

2. Скрипец А. В. Основи ергономіки. – К.: НАУ-друк, 2009. – 124 с.

3. Екологічні наслідки використання LED ламп та як правильно утилізувати відходи: https://powerlux.com.ua/page/291.html.

4. Борозенець Г. М. Деталі машин: навчальний посібник / Г. М. Борозенець, В. М. Павлов, І. В. Семак. - К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 220 с.

УДК 004.925.8

ВИКОРИСТАННЯ AUTODESK INVENTOR ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГІДРОЦИЛІНДРУ

Д.С. Пустовой[1], В.В. Кравченко[2]

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

[2]студент групи 132-18-2, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: Silaiev.V.V@nmu.one

Анотація. Розглянуто можливості і перспективи використання програми Autodesk Inventor для створення окремих деталей гідроциліндру, а також для виконання моделювання напружено-деформованого стану гідроциліндру, що може використовуватись студентами спеціальності 132 “Матеріалознавство” при виконанні курсових та дипломних проектів. При цьому як оцінку придатності розробленого виробу ще до застосування проведено аналіз деформацій під навантаженням та напруги, що виникають. Це дозволяє оцінити правильність вибору матеріалів, розмірів та інших технічних параметрів у процесі проектування.

Ключові слова: САПР, 3D-моделювання, навантаження, деформація.

AUTODESK INVENTOR USAGE FOR MODELING AND RESEARCH OF HYDRAULIC CYLINDER STRESS-DEFORMED STATE

Dmytro Pustovoi[1], Vladyslav Kravchenko [2]

[1]Ph.D., Associate Professor of Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: pustovoi.d.s@gmail.com

[2]student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: Silaiev.V.V@nmu.one

Abstract. Possibilities and prospects of using the Autodesk Inventor program to create individual parts of the hydraulic cylinder, as well as to simulate the stress-strain state of the hydraulic cylinder, which can be used by students majoring in "Materials Science" in course and diploma projects. In this case, as an assessment of the suitability of the developed product before use, the analysis of deformations under load and stresses that occur. This allows to assess the correct choice of materials, sizes and other technical parameters in the design process.

Keywords: CAD, 3D modeling, load, deformation.

Вступ. У загальному випадку гідроприводом називається пристрій для приведення в рух машин та їх механізмів, що складаються з джерела ви-

трати рідини, яким у більшості випадків служить насос, і гідродвигуна зворотно-поступального або обертального дії, а також системи управління, допоміжних пристроїв та рідинних магістралей [1].

Об'ємний гідропривод, де гідродвигун є гідроциліндр, називають поступальним гідроприводом.

Розрізняють гідроциліндри з одностороннім і двостороннім штоком, розуміючи під першим поршневий гідроциліндр зі штоком з одного боку поршня (рис. 1) і під другим – гідроциліндр зі штоком, розташованим по обидва боки поршня (рис. 2). Частина робочої рідини камери (рис. 1) гідроциліндра, обмежена корпусом, поршнем і кришкою, називається поршневою порожниною, а частина робочої камери б - штоковою порожниною гідроциліндра.

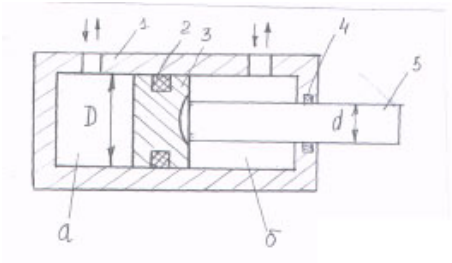


Рис 1. – Гідроциліндр із одностороннім штоком

Для приводу робочих органів мобільних машин найбільше широко застосовують поршневі гідроциліндри двосторонньої дії з одностороннім штоком (рис. 2).

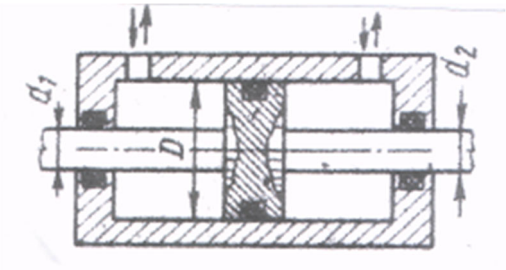


Рис 2. – Гідроциліндр із двостороннім штоком

У гідроциліндрів є такі переваги:

- високим зусилля, що розвивається, при малих габаритах;
- простота регулювання швидкості та зусилля;
- можливість бути вбудованими у різні механізми та агрегати за рахунок невеликих розмірів;
- плавний та безшумний хід;
- можливість регулювання положення штока;
- можливістю вибору максимального навантаження поршня;
- простотою монтажу та підключення.

Мета роботи. Показати можливості та переваги використання Autodesk Inventor для моделювання та проектування гідроциліндрів, а також дослідити умови напружено-деформованого стану гідроциліндру при завданні відповідних параметрів закріплення виробу і навантаження.

Матеріал та результати досліджень. На сьогоднішній день тривимірне моделювання у навчальному процесі знаходить все більш широке використання як при створенні звичайних деталей і збірок, так і при проведенні наукових досліджень стосовно характеристик міцності та стійкості того чи іншого виробу [2-3].

Тривимірне (3D) моделювання без подальшого аналізу напружено деформованого стану деталей у спроектованому вузлі не дає уявлення про оптимальність вибору конструктивних та технологічних параметрів. Вузол може виявитися перезміцненим або ослабленим, а вид термообробки не відповідатиме навантаженню та небезпечним концентраціям напруг.

Для подальшого дослідження необхідно зробити 3D-модель, для цього було використане програмне забезпечення Autodesk Inventor.

Для початку повинна бути створена 3D-модель збірки гідроциліндру. Для цього окремо створюється кожна окрема деталь збірки, задаються властивості досліджуваного матеріалу для тієї чи іншої деталі. А потім всі збираються у готовий виріб, що представлено на рис. 3

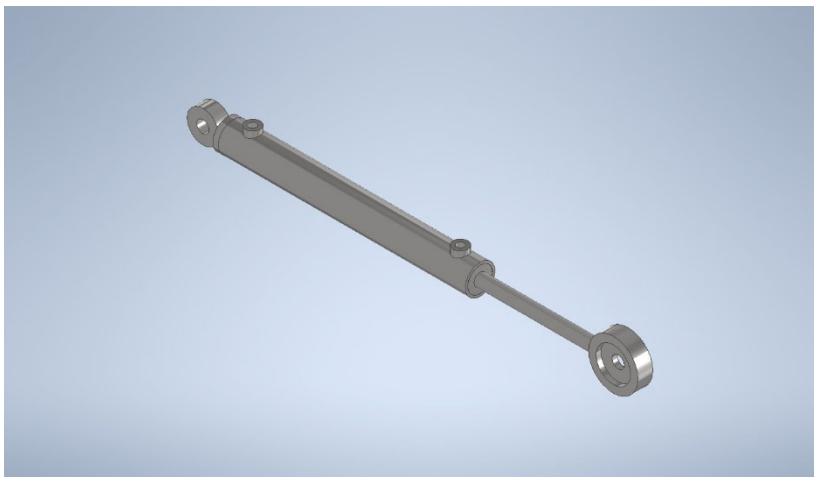


Рис. 3. – Загальний вигляд гідроциліндру

Властивості тих чи інших матеріалів для деталей самої збірки можна встановлювати за допомогою вбудованої в Autodesk Inventor бібліотеки матеріалів. Якщо у бібліотеці Inventor відсутній той чи інший матеріал, його можна створити окремо, дати певну назву, а також змінити температурні, механічні характеристики чи характеристики міцності (рис.4).

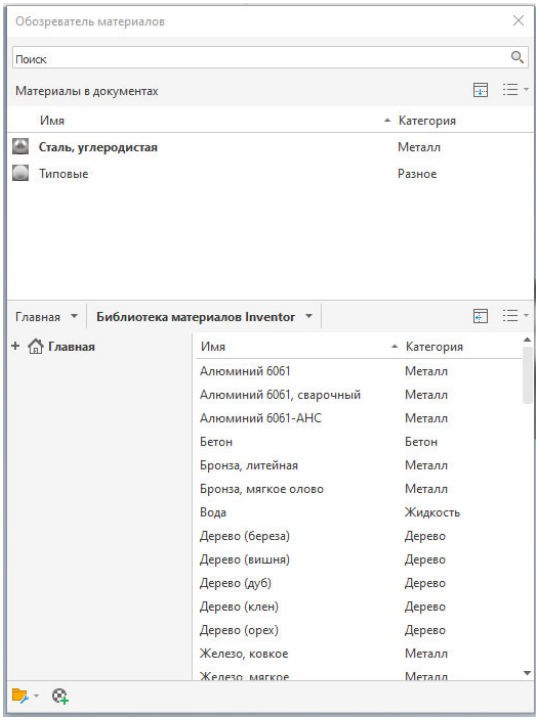


Рис. 4. – Вікно *"Обозреватель материалов"* у системі Autodesk Inventor

Після того як гідроциліндр повністю зібраний, можна змоделювати навантаження, що буде діяти на дно поршня гідроциліндра і отримати показники тиску, сили реакції в опорах, зміщення та показники коефіцієнту запасу міцності.

Типовий процес аналізу напруг включає ряд етапів [4]:

1. Визначення очікувань. Оцінка фізичної поведінки з допомогою концептуальної моделі.

2. Попередня обробка. Вибір матеріалів та обмежуючих умов (навантаження та залежності), умов для контактів та параметрів сітки.

3. Рішення. Запуск процесу моделювання, що дозволяє розрахувати математичну модель, та формування рішення. Для знаходження рішення деталь поділяється на менші елементи. Вирішальна програма додає індивідуальну інформацію щодо поведінки кожного елемента. З її допомогою можна прогнозувати поведінку всієї фізичної системи

4. Подальша обробка. Відображення та оцінка результатів.

5. Перевірка очікувань. Наступна обробка результатів аналізу та вдосконалення введених даних.

6. Висновок (удосконалення). Визначення того, чи відповідають результати очікуванням.

Розрахунок методом кінцевих елементів (МКЕ) є комп'ютеризованим способом прогнозування реакції механізму чи деталі на реальні навантаження, вібрацію, тепло, потік рідини та інші фізичні дії. Розрахунок методом

кінцевих елементів показує, чи буде продукт зламаний, зношений або продовжить працювати за початковим сценарієм. Це називається розрахунком, але в процесі розробки виробів цей термін використовується для прогнозування поведінки при експлуатації виробу.

Даний розрахунок виконується за допомогою спеціалізованих комп'ютерних програми Autodesk Inventor. Існують також інші програмні пакети, що призначені для вирішення різних інженерних завдань: розрахунку, аналізу і симуляції фізичних процесів.

Результати моделювання гідроциліндру наведено на рис. 5-7.

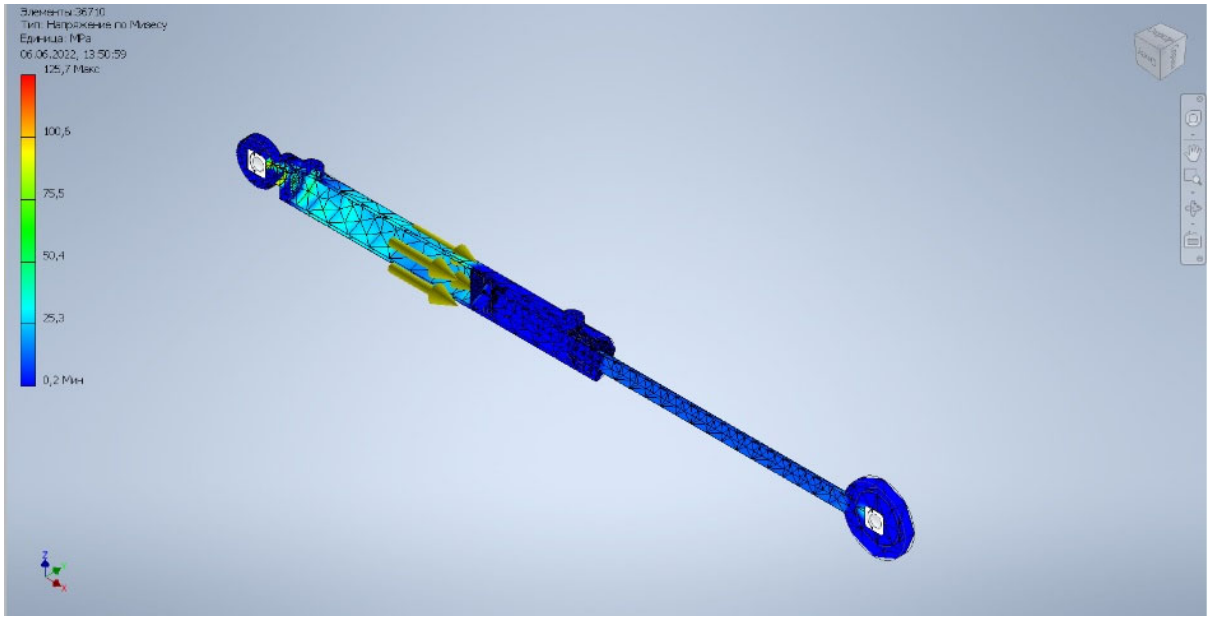


Рис. 5. – Розподіл напруги у гідроциліндрі

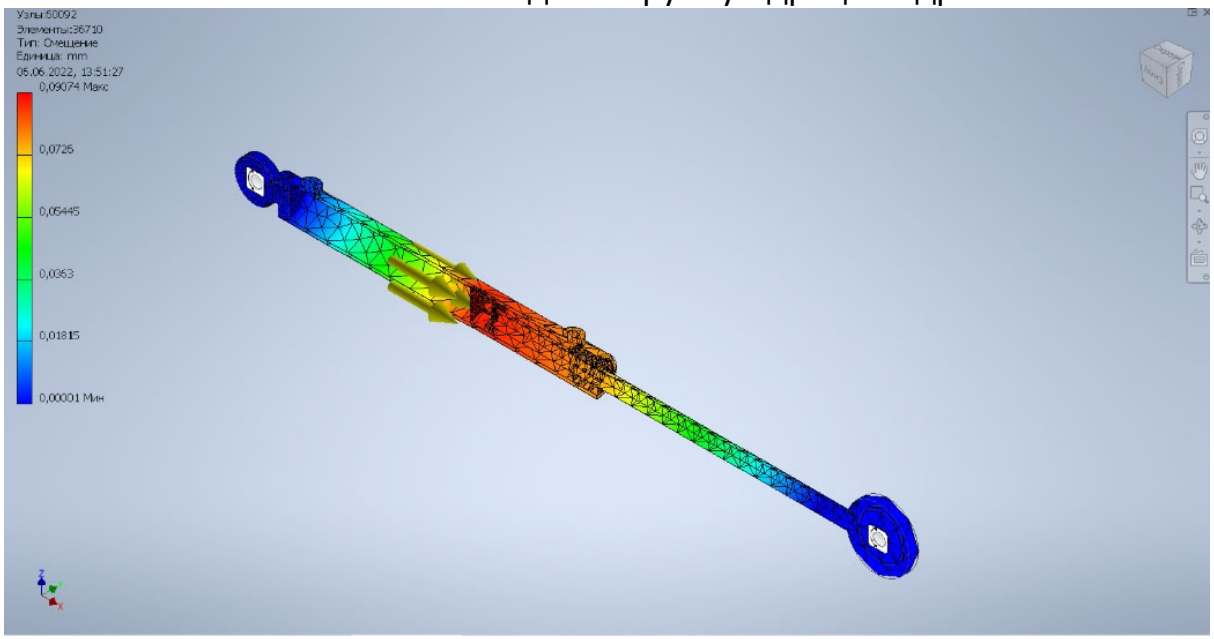


Рис. 6. – Максимальні зміщення деталей у гідроциліндрі

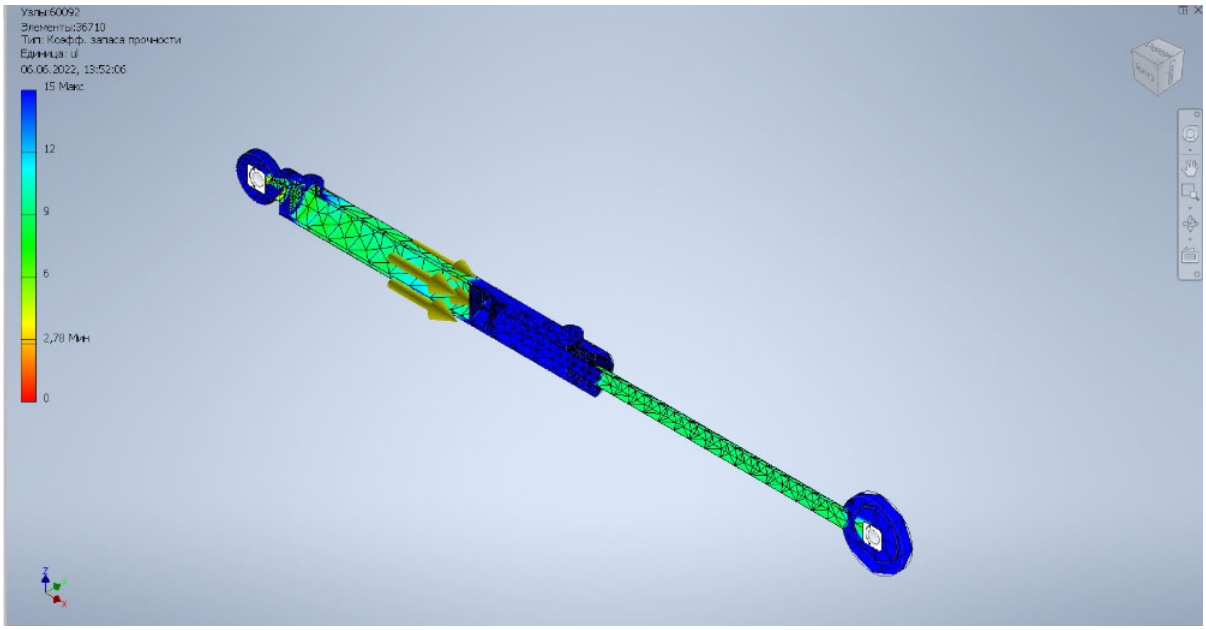


Рис. 7. – Коефіцієнт запасу міцності у гідроциліндрі

Висновки. За допомогою використання спеціалізованих програмних продуктів можна пройти всі етапи рішення задачі: від створення геометричної моделі досліджуваного об'єкта до обробки і аналізу отриманих результатів розрахунку за допомогою вбудованих спеціалізованих модулів, що дозволяють нам отримати необхідну інформацію і таким чином спрогнозувати поведінку того чи іншого виробу під дією прикладених навантажень і заданих матеріалів. Враховуючі отриману від комп'ютерного моделювання інформацію, у подальшому можна виготовити даний виріб з потрібних матеріалів з урахуванням умов його подальшої експлуатації.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марутов В.А., Павловский С.А. Гидроцилиндры. Конструкция и расчет. – М.: Машиностроение, 1966. – 170 с.

2. Черніков О.В. Використання можливостей параметричного моделювання пакету Inventor в наукових дослідженнях та навчальному процесі. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Київ: КНУБА, 2008. Вип. 80. С. 98–102.

3. Кириченко И.Г., Черников А.В. Анализ программных средств компьютерного проектирования строительных и дорожных машин. Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. трудов. Харьков: ХНАДУ, 2014. – Вып. 65–66. – С. 68–74

4. Анализ напряжений. Продукты Inventor. Autodesk Knowledge Network / Autodesk [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://knowledge.autodesk.com/ru/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/RUS/Inventor-Help/files/GUID-61F01A5D-7E54-45A1-9698-7BB11F0AEE94-htm.html.

УДК 622.235

СПОСІБ ЗНИЖЕННЯ ПИЛОВИДІЛЕННЯ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВУГІЛЬНИХ ВИРОБОК ВИБУХОМ

Д.В. Савельєв[1], О. В. Столбченко[2]

[1]кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та цивільної безпеки, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна, e-mail: saveliev.d.v@nmu.one

[2]кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та цивільної безпеки, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна, e-mail: elena_aot@ukr.net

Анотація. У роботі проведені дослідження з розробки конструкції заряду з використанням пластичної суміші в якості набійки, яка розширюється і твердіє. Забезпечення перерозподілу і зниження питомого імпульсу в зоні інтенсивного подрібнення породи вибухом дозволяє управляти кусковатістю гірської маси і забезпечує загальне зниження запиленості рудникової атмосфери.

Ключові слова: вибухові роботи, твердіюча набійка, дрібнодисперсний пил, умови праці.

METHOD OF REDUCING DUST EMISSIONS DURING COAL PRODUCTS BY EXPLOSION

Dmytro Saveliev[1], Olena Stolbchenko[2]

[1]Ph.D., Associate Professor of Department of Labor Protection and Civil Security, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: saveliev.d.v@nmu.one

[2]Ph.D., Associate Professor of Department of Labor Protection and Civil Security, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: elena_aot@ukr.net

Abstract. In the work researches on development of a design of a charge with use of plastic mix as a packing which expands and hardens are carried out. Ensuring the redistribution and reduction of the specific impulse in the zone of intensive crushing of the rock by the explosion allows you to control the lumpiness of the rock mass and provides an overall reduction in dust in the mine atmosphere.

Keywords: blasting works, hardening punch, fine dust, working conditions.

Вступ. Відомо, що одним з основних чинників, які визначають вихід пилу при руйнуванні порід вибухом, є кількість заряду вибухової речовини [1-3]. Ефективність вибуху свердловинних зарядів знаходиться в прямій залежності від кількості зарядів та визначається конструкцією і складом внутрішньої набійки свердловин. Підвищити якість набійки шпурових зарядів можливо за рахунок поліпшення її фізико-механічних характеристик.

Метою даної роботи є дослідження раціонального складу пружно-пластичної суміші набійки свердловин, яка розширюється при твердінні та зменшує вихід силікозонебезпечного дрібнодисперсного пилу.

Матеріали і результати дослідження. Пошук і обґрунтування оптимального співвідношення компонентів, які входять до складу суміші набійки, проводився з використанням лінійної моделі планування експериментів при пошуку оптимальних умов [4]. Основними компонентами набійки, була обрана піщано-глиниста суміш і вода.

Для обґрунтування оптимального співвідношення компонентів піщано-глинистої суміші і води в складі набійки і виду добавок, що вводяться, а також процентного співвідношення їх до загальної маси готового набоєчного матеріалу, після затвердіння суміші експериментально визначались фізико-механічні характеристики розроблених сумішей відповідно до чинних норм [5]. Оптимізацію складу набійки проводили зміненням густини суміші шляхом введення різних співвідношень добавок до суміші: доломітового пилу фракції 0-0,2 мм від 17 до 20%, лігносульфонатів вологістю 13-15%, алюмокалієвих квасців і до 100% доповнювали цю суміш водою. Зміни густини набійки при різних співвідношеннях добавок в суміші приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Зміни густини набійки при різних співвідношеннях добавок.

Тип добавок	Вміст добавок в суміші, %		
Доломітовий пил	17,0	18,5	20,0
Лігносульфонати	12,0	13,5	15,0
Величина густини $\rho \cdot 10^3$, кг/м^3	2,10 – 2,13	2,15 – 2,17	1,93 – 2,0

Як видно з табл. 1, зі збільшенням співвідношення добавок, що вводяться в суміш, щільність затверділої маси зменшується. Це пояснюється тим, що при збільшенні співвідношення добавок, що вводяться до загальної маси суміші, збільшується її пористість через збільшення площі нової поверхні, що веде в свою чергу, до зменшення густини упаковки зерен, погіршення якості набоєчного матеріалу і збільшення фільтраційних властивостей суміші.

За результатами експериментальних досліджень була розроблена технологія виготовлення твердіючої суміші для набійки. В якості в'яжучого компонента, що заповнює простір між частками піщано-глинистої суміші, використовується доломітовий пил фракції 0-0,2 мм. Водний розчин лігносульфонатів дозволив сформувати стабільну суміш високої густини, пластичності і рухливості при її транспортуванні. Алюмокалієві квасці сформували високу міцність при твердінні. Отже, в результаті змішування наведених компонентів при оптимальному їх співвідношенні в суміші формується склад зі стійкими деформаційними і фізико-механічними характеристиками. Оскільки в

поставленому завданні необхідно було створити набійки, здатні розширюватися при твердінні, були випробувані для цих цілей лігносульфонати (солі лігносульфонових кислот), які досить дешеві і є відходами сульфітного способу отримання целюлози.

Після підбору всіх компонентів, що входять до складу пропонованого набоєчного матеріалу, необхідно встановити раціональне їх співвідношення, для чого використовувалася лінійна модель планування експерименту, заснована на варіюванні чинників за трьома рівнями [4].

В якості факторів, прийнятих в дослідженнях з обґрунтування оптимальних співвідношень компонентів у суміші, є процентний вміст доломітового пилу, води і лігносульфонатів, які змінюються за трьома рівнями: –1; 0; +1 (при мінімальних, оптимальних і максимальних значеннях).

Результати розрахунків співвідношення основних компонентів в набійках наведено в табл. 2. Було підготовлено 9 сумішей і проведений порівняльний аналіз за критерієм «максимальне розширення при твердінні і мінімальний час початку схоплювання суміші».

Таблиця 2 – Рівні факторів та інтервали варіювання

Фактор	Рівні		
	–1	0	+1
Зміст доломітового пилу фракції d= 0-0,2 мм в суміші, мас. %	17,0	18,5	20,0
Зміст лігносульфонатів в суміші, мас. %	12,0	13,5	15,0
Зміст рідини в суміші, в мас. %	18,0	19,0	20,0

За результатами проведених досліджень отримано раціональне співвідношення компонентів, що входять до складу твердіючої суміші: піщано-глиниста суміш – 50-45 %; доломітовий пил фракції d = 0 0,2 мм вологістю 13-15% – 17-20%; лігносульфонати – 12-15%; алюмокалієві квасці ($KAl(SO_4)_2 \cdot 10H_2O$) – 6-3% і вода – 18-20%.

За результатами повного факторного експерименту визначені фізико-механічні характеристики [6]: щільність ρ, швидкість поздовжніх хвиль C_p і міцність на одноосьовий стиск і інші показники відповідно до чинних норм твердіючої суміші, які наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Фізико-механічні характеристики розробленого складу суміші для набійки шпурів

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення показників
Густина, ρ	кг/м^3	2150,0
Коефіцієнт внутрішнього тертя, $K_{вн.}$	-	0,53
Зчеплення, C	МПа	0,035
Коефіцієнт Пуассона, ν	-	0,35
Модуль Юнга, $E\ 10^3$,	МПа	2,34
Міцність суміші на одновісне стиснення P,	МПа	10-15
Тиск набухання на контакті «Суміш - поверхня шпуру»	МПа	5-10

Висновки. Застосування розробленого складу набійки із заданими характеристиками забезпечує перерозподіл енергії вибухової речовини по всій колонці заряду і зниження питомого імпульсу в ближній зоні вибуху. Саме в цій зоні відбувається інтенсивне подрібнення породи з утворенням великої кількості дрібнодисперсного пилу, який потрапляє в рудникову атмосферу. Тому успішна реалізація запропонованого складу набійки дозволить управляти кусковатістю гірської маси і забезпечить загальне зниження запиленості рудникової атмосфери, і, тим самим, поліпшить умови праці і безпеку робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ефремов Э.И. Роль забойки в запирании газообразных продуктов детонации / Э.И. Ефремов, С.Н. Родак // Повышение эффективности разрушения горных пород. – К. : Наукова думка, 1991. – С. 3-8.

2. Колесник В.Е. Снижение пылегазовых выбросов при массовых взрывах в карьерах путем совершенствования конструкции забойки скважинных зарядов / В.Е. Колесник, А.А. Юрченко // Доклады Международного симпозиума «Неделя еколога – 2010», – Днепродзержинск: ДДТУ, 2010. – С. 10-11.

3. Махмудов Д.Р. Влияние конструкции забойки скваженных зарядов на эффективность дробления горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. Научно-технический журнал. М.: Горная книга – 2017. – № 4. – С. 42-47.

4. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, В.П. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 280 с.

5. ДСТУ Б В.2.7-114-2002. Суміші бетонні. Методи випробувань. – Введ. 2002-01-31. – К. : Укрархбудінформ, 2002. – 25 с.

6. Пат. № 91042 Україна МПК 7 F42D 1/08. Суміш для набійки шпурових зарядів / В.І. Голінько, Я.Я. Лебедєв, Д.В. Савельєв, К.С. Іщенко, І.Л. Кратковський; заявник і власник патенту ДВНЗ «НГУ». – № u2013 12826 від. 04.11.13; Надр. 25.06.2014, Бюл. № 12.

УДК 622.625.28

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Ю.І. Чеберячко[1], О.В. Дерюгін[2], М.М. Архірей[3]

[1]доктор технічних наук, професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки, e-mail: cheberiachkoyi@ukr.net

[2]кандидат технічних наук, доцент кафедри управління на транспорті, e-mail: deryugin_o@ukr.net

[3]аспірант кафедри охорони праці та цивільної безпеки, e-mail: mykhailo.arkhirei@ukrnafta.com

[1,2,3]Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна

Анотація. В роботі запропоновано удосконалений підхід до оцінки професійних ризиків під час проведення поведінкового аудиту у п'ять кроків на основі визначення коефіцієнта небезпеки, що забезпечує прийняття керівниками робіт оперативних рішень щодо усунення негативних проявів "людського фактору" в процесі виробничої діяльності, своєчасного приведення ризиків небезпек до прийнятного рівня. Наведено приклад оцінки професійних ризиків на одній з виробничих дільниць.

Ключові слова: промислове виробництво, професійний ризик, втрати, рівень безпеки, компетентність персоналу, запобіжні заходи

IMPROVEMENT OF THE PROCEDURE OF OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

Yurii Cheberyachko[1], Oleg Deryugin[2], Mykola Arkhirei[3]

[1]Dr. Sc. (Tec.), Professor of Department of Labour Protection and Civil Safety, e-mail: cheberiachkoyi@ukr.net

[2]Ph.D., Associate professor of Department of Transportation Management, e-mail: deryugin_o@ukr.net

[3]Postgraduate of Department of Labour Protection and Civil Safety, e-mail: mykhailo.arkhirei@ukrnafta.com

[1,2,3]Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The paper proposes an improved approach to assessing occupational risks during a five-step behavioral audit based on the definition of the hazard factor, which ensures that managers make operational decisions to eliminate negative manifestations of the "human factor" in the production process, timely reduction of hazards to acceptable level. An example of occupational risk assessment at one of the production sites is given.

Keywords: industrial production, occupational risk, losses, level of safety, competence of personnel, precautionary measures

Вступ. До основної задачі будь-якого промислового підприємства відноситься необхідність зменшення збитків, які пов'язані з людськими, матеріальними, фінансовими чи іміджевими втратами. Для цього необхідно створити ефективну систему виявлення і своєчасного усунення всіх викликів, загроз чи небезпек, які впливають на продуктивну діяльність промислового підприємства. Оскільки власники промислових підприємств оперують обмеженими ресурсами, які не в змозі забезпечити вирішення всіх проблемних питань, виникає необхідність у запровадженні ризик-орієнтованих підходів до виявлення і усунення вищезазначених небезпек. Завдяки ризик-орієнтованому підходу виявлення можливих втрат, або професійних ризиків (далі - ПР), які пов'язані з технологічним виробничим процесом: травмування або виникнення загрози прояву симптомів професійного захворювання, необхідно запровадити заходи з усунення або мінімізації прояву ПР і забезпечити зменшення витрати фінансових збитків, що впливає на збільшення стійкості промислового підприємства.

Однак виникає задача у розробці чи визначенні найбільш прийнятного алгоритму для оцінки ПР, який би дозволив приймати обґрунтовані рішення щодо застосування ефективних запобіжних заходів. Інакше виникне загрозлива ситуація і як наслідок втрата людських ресурсів.

В якості прикладу можна навести сумну статистику Фонду Соціального страхування України, яка свідчить, що за 9 місяців 2021 року надійшло та зареєстровано 17497 повідомлень про захворювання COVID-19 працівників промислових підприємств України, що становить 82,1% від загальної кількості аналогічних випадків по Україні [1]. Наведені статистичні дані свідчать про відсутність культури застосування засобів індивідуального захисту органів дихання робітниками при виконанні виробничої діяльності в умовах забрудненого середовища на промислових підприємствах.

Існують принаймні більше двадцяти різних способів з оцінки ПР, які умовно можна поділити на якісні, напівкількісні і кількісні. Звісно, що до найбільш точних відносяться кількісні, але вони потребують статистичні дані та відповідну підготовку фахівців з їх аналізу та проведення опрацювання. Якісні методи – прості, але досить неточні через суб'єктивність оцінок виявлених факторів. Тому вважаємо, що найкращим варіантом для промислового підприємства залишаються кількісні методи, але виникає питання, яким чином обраховувати визначені фактори ПР, щоб отримати прийнятний результат [2-10].

Мета роботи. Метою дослідження є удосконалення напівкількісного методу з оцінки ПР промислового підприємства за рахунок застосування коефіцієнта небезпеки.

Об’єкт дослідження – процес формування ПР на промисловому підприємстві в наслідку травмування та розвитку професійних захворювань працівників.

Предмет дослідження – методика оцінювання ПР на промисловому підприємстві.

Вирішення задач, які формують мету дослідження полягають в наступному:

- удосконалення процедури оцінки ПР;
- визначення коефіцієнта небезпеки та його місця в системі оцінки ПР;
- приклад застосування удосконаленого підходу під час проведення аудиту з безпеки праці.

Матеріали і результати дослідження. Удосконалюючи обладнання, автоматизуючи технологічні процеси, підтримуючи в справному стані машини, механізми і пристрої можна зменшити кількість небезпек, або суттєво знизити пов’язані з ними ПР. Проте, ці заходи будуть ефективними тільки до певного рівня, на якомусь етапі все одно у справу втрутиться горезвісний "людський фактор". У підсумку, практично всі небезпечні умови створюються виключно безпосередніми виконавцями робіт.

Одним з найважливіших і ефективним інструментом управління безпекою з коригуючою опцією небезпечного впливу «людської діяльності» на виробничий процес, як відомо, є аудит безпеки – оперативний контроль за станом охорони праці в основі яких лежить оцінка ПР. Саме оцінка ПР є ключовим етапом проведення аудитів, тому для її ефективного проведення пропонується виконати чотири основні кроки.

Крок 1. Формування бази небезпек. Всі небезпеки розбиті за групами, кожній з яких, для зручності подальших операцій, присвоєно відповідний код. Це організаційні, фізичні, безпека руху, санітарно-гігієнічні, пожежна безпека, хімічні, психо-фізіологічні, радіаційна безпека тощо.

Крок 2. Проведення попередньої ідентифікації небезпек та їх оцінки, пов’язаних з ними ПР в кожному структурному підрозділі, а при потребі – в кожній дільниці, на кожному робочому місці.

Крок 3. Проведення перевірок стану умов праці (аудиту). За основу, як процес аудиту охорони праці, взято третій ступінь оперативного контролю, оскільки він є найбільш неупереджений, бо до складу аудиторської групи (чи комісії) входять незалежні фахівці різних напрямків діяльності підприємства, і результат аудиту, при цьому, є найбільш об’єктивним, охоплюючи весь виробничий процес.

Крок 4. На цьому етапі проводиться остаточна оцінка ПР кожної з виявлених небезпек та визначення їх припустимості.

Небезпеки, щоразу, після кожного аудиту в автоматичному режимі ідентифікуються і перевіряються на припустимість їх ПР.

Крок 5. Формування "Звіту про невідповідності", які виявлені під час перевірки. Тут небезпеки структуруються за групами, окремо вказуються ті, що мають неприпустимі ПР і візуалізуються за видами у формі діаграм.

Реалізація вказаних кроків дозволяє чітко перевірити всі невідповідності на припустимість їх ПР. Для цього пропонується застосувати додатковий параметр – "коефіцієнту небезпеки", його величина "ймовірність виникнення події" змінюється виходячи з фактичного стану умов праці на тому чи іншому робочому місці. Коефіцієнт небезпеки – величина, яка впливає на ймовірність виникнення небезпеки чи небезпечної діяльності, та визначається як добуток кількості виявлених в процесі аудиту невідповідностей однієї групи на співвідношення кількості працівників, відповідальних за організацію і забезпечення безпечних умов праці в підрозділі до загальної кількості працівників в цьому ж підрозділі:

$$k = N_H \cdot \frac{N_{iTП}}{N_П}, \tag{1}$$

де $N_н$ - кількість небезпек (випадків небезпечної діяльності), виявлених в процесі аудиту; $N_{imп}$ - кількість інженерно-технічних працівників, відповідальних за стан охорони праці у відповідному виробничому підрозділі; $N_п$ - загальна кількість працівників у відповідному виробничому підрозділі.

Тоді, величина P - «ймовірність виникнення події» розраховуватиметься за наступною формулою:

$$P = P_e + P_e \cdot k, \tag{2}$$

де P_e – ймовірність виникнення події, визначена експертною групою; k – коефіцієнт небезпеки.

При цьому остаточну оцінку ПР визначатимемо за формулою:

$$R = P_e \cdot S \cdot T, \tag{3}$$

де P – імовірність виникнення події, пов’язаної з конкретною ідентифікованою небезпекою чи небезпечною діяльністю; S - інтенсивність та/або тяжкість наслідків впливу події, пов’язаної з конкретною ідентифікованою небезпекою чи небезпечною діяльністю; T – тривалість у часі впливу події, пов’язаної з конкретною ідентифікованою небезпекою чи небезпечною діяльністю.

Приклад застосування вдосконаленого підходу з оцінки ПР під час проведення аудиту в одному з підрозділів компанії «Укрнафти» наведено в таблиці 1.

Зазвичай, оцінка небезпек проводиться при введенні нового виробництва та періодично: один раз або двічі на рік, така ж періодичність оцінювання залишкового ПР. Звісно, можна налагодити й щоденну оцінку небезпек, проте це потребує долучення значної кількості людських ресурсів і абсолютно вивільненого під цей процес персоналу, на що роботодавці зазвичай не погоджуються. Якщо показники *S* і *T*, враховуючи кваліфікацію і обізнаність у виробничих процесах членів експертної групи визначити можна, то величину параметру "імовірність виникнення події" – *P* зафіксувати на якомусь статичному рівні практично неможливо, оскільки, як відомо, всі небезпечні умови створюються виключно безпосередніми виконавцями робіт.

Небезпеки можуть змінюватись щотижня, щодня і щоразу через нехтування працівниками вимог інструкцій з охорони праці, робочих та посадових інструкцій, порушення правил безпеки та технологічного процесу, зміну в організації робочих місць, психофізичні, техногенні, природні, екологічні та соціальні причини.

Так, це саме той горезвісний "людський фактор", який відноситься як до організаційних, так і індивідуальних факторів праці, а також до індивідуальних характеристик працівника, які впливають на його поведінку на роботі. І це потребує застосування з боку роботодавця невідкладних управлінських рішень у сфері безпеки та гігієни праці.

Хто з учасників виробничого процесу є головними дійовими особами, які причетні до наявних небезпек?

Найперше – це безпосередні виконавці робіт, які, як було заначено вище, через певні причини допускають порушення вимог безпеки праці. Також, не менш важливою частиною цього є їхні безпосередні керівники, керівники вищої ланки, фахівці з охорони праці, а також вузькопрофільні інженерно-технічні працівники технічного напрямку, які згідно своїх посадових обов’язків повинні відповідно забезпечити безпечні умови праці підпорядкованих працівників, контролювати стан безпеки праці на робочих місцях, вчасно виявляти допущені порушення і забезпечувати невідкладне їх усунення.

До переваг запропонованого підходу в оцінці небезпек, невід’ємним елементом якого є проведення системного аудиту стану безпеки праці відноситься.

1. Постійна підтримка стану оцінки небезпек в актуальному стані: приведення її в актуальний стан здійснюється щоразу за результатами проведеного аудиту стану умов праці.

Таблиця 1. Фрагмент оцінки небезпек за результатами проведено аудиту

Код небезпеки чи небезпечної діяльності	Небезпека (НБ) чи небезпечна діяльність (НБД)	Підрозділи, в яких має місце НБ чи НБД	Оцінка ризику, пов'язаного з НБ чи НБД							Пропоновані коригувальні, запобіжні дії та інші заходи	Оцінка залишкового ризику, пов'язаного з НБ чи НБД							Примітки
			Імовірність виникнення події, пов'язаної з НБ (НБД)			Інтенсивність (тяжкість) наслідків впливу події, пов' язаної з НБ чи НБД, (S)	Тривалість у часі впливу події, пов' язаної з НБ чи НБД, (T)	Загальна оцінка ризику R=PxSxT	Висновок стосовно прийнятності ризику		Імовірність виникнення події, пов'язаної з НБ (НБД)			Інтенсивність (тяжкість) наслідків впливу події, пов' язаної з НБ чи НБД, (S)	Тривалість у часі впливу події, пов' язаної з НБ чи НБД (T)	Загальна оцінка ризику R=PxSxT	Висновок стосовно прийнятності ризику	
			визначено експертною групою P_e	коефіцієнт небезпеки k	$P = P_e + P_e \cdot k$ (P)						визначено експертною групою P_e	коефіцієнт небезпеки k	$P = P_e + P_e \cdot k$ (P)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$O_{БП1}$	**Кваліфікація персоналу з питань безпеки праці**																	
$O_{БП1\text{-}01}$	Навчання, спеціальне навчання та перевірка знань з питань безпеки праці	Робоче місце 1	3	0,401	4,2	7	4	118	припустимий	1. Навчання та перевірку знань з питань охорони праці проводити згідно «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» 2. Оформлення документації (журналів, протоколів тощо) здійснювати у відповідності до доведених взірців.	3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	
		Робоче місце 2	3	0,324	4,0	7	4	111	припустимий		3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	
		Робоче місце 3	3	0,223	3,7	7	4	103	припустимий		3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	
		Робоче місце 4	3	0,060	3,2	7	4	89	припустимий		3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	
		Робоче місце 5	3	1,015	6,0	7	4	169	неприпустимий		3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	
		Робоче місце 6	3	0,869	5,6	7	4	157	неприпустимий		3	0,334	4,0	7	4	112	припустимий	
$O_{БП1\text{-}02}$	Стажування та допуск працівників до самостійної роботи	Робоче місце 1	3	0,160	3,5	7	4	97	припустимий	1. Стажування працівників проводити згідно «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». 2. Оформлення документації (журналів, наказів) здійснювати у відповідності до доведеного взірця.	3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	
		Робоче місце 2	3	0,129	3,4	7	4	95	припустимий		3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	
		Робоче місце 3	3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий		3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	
		Робоче місце 4	3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий		3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	
		Робоче місце 5	3	0,078	3,2	7	4	91	припустимий		3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	
		Робоче місце 6	3	0,067	3,2	7	4	90	припустимий		3	0,000	3,0	7	4	84	припустимий	

2. За результатами проведеного аудиту проводиться обов'язкове інформування безпосередніх керівників робіт про наявні на підпорядкованих їм робочих місцях невідповідностей з неприпустимими ПР, що сприяє невідкладному прийняттю ними оперативних рішень щодо усунення негативних проявів "людського фактору" в процесі виробничої діяльності, своєчасного приведення ПР, небезпек до прийнятного рівня, змушує їх діяти "на випередження", попереджуючи ймовірний виробничий травматизм, інциденти та аварії.

3. Абсолютна автоматизація процесу не потребує додаткового залучення людських ресурсів і за допомогою вдалого алгоритму формує замкнутий цикл ідентифікації виробничих небезпек.

4. Мінімізація "паперового навантаження" на відповідальних експертів-аудиторів, що вивільняє досить робочого часу для забезпечення належного виконання ними своїх першочергових функцій у спостереженні за діями працівників, а це – безпосередня присутність на виробництві.

Висновки.

1. Забезпечено новий підхід в оцінці небезпек щоразу за результатами проведено аудиту на основі визначення коефіцієнта небезпеки, що забезпечує прийняття керівниками робіт оперативних рішень щодо усунення негативних проявів "людського фактору" в процесі виробничої діяльності, своєчасного приведення ПР небезпек до прийнятного рівня.

2. Визначено взаємозв'язок між коефіцієнтом небезпеки та ймовірністю виникнення небезпеки чи небезпечної діяльності через добуток кількості виявлених в процесі аудиту невідповідностей однієї групи на співвідношення кількості працівників, відповідальних за організацію і забезпеченням безпечних умов праці в підрозділі до загальної кількості працівників в цьому ж підрозділі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фонд соціального страхування України. Статистичні данні. Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань за 9 місяців 2021 року: офіційний вебсайт [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/978178 - Мова укр., англ. - Дата останнього доступу: 04.04.2022. - Назва з екрану.

2. Cressey, D.R. (1954). Differential association theory and compulsive crimes. *Journal of Criminal Law and Criminology*, 45(1), 29-40.

3. Hashimzade N. and Myles G. (2017). Risk-Based Audits in a Behavioral Model. *Public Finance Review*, 45(1), 140-165.

4. Kahneman, D., and A. Tversky. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47, 263-293.

5. William F. Messier, Jr., Chad A. Simon, and Jason L. Smith. (2013). Two decades of behavioral research on analytical procedures: what have we learned? *Journal of Practice & Theory*, 32(1), 139-181.

6. O'Donnell, E., and J.J. Schultz, Jr. (2005). The halo effect in business risk audits: Can strategic risk assessment bias auditor judgment about accounting details? *The Accounting Review*, 80 (3), 921-939.

7. Trotman, K.T., R. Simnett, and A. Khalifa. (2009). Impact of the type of audit team discussions on auditors' generation of material frauds. *Contemporary Accounting Research*, 26(4), 1115-1142.

8. Morrell, D. (2010). An In-depth study into behavioural auditing - its use in giving indication of potential fraud. *Unpublished Doctoral thesis*, City University London.

9. Ameen, E.C., and J.R. Strawser. (1994). Investigating the use of analytical procedures: An update and extension. *A Journal of Practice & Theory*, 13(2), 69-76.

10. Knapp, C.A., and M.C. Knapp. (2001). The effects of experience and explicit fraud risk assessment in detecting fraud with analytical procedures. *Accounting, Organizations and Society*, 26(1), 25-37.

Authors Index

(Last Name / First Name / Middle Name / Page)

Arkhirei Mykola, 122

Balaka M.M., 68

Cheberyachko Serhiy, 48
Cheberyachko Yurii, 122

Deryugin Oleg, 122
Didkivsky O.R., 9
Dovhal Denys, 106

Fedoskin V.O., 14
Fedoskina O.V., 14

Gorbatyuk Ie.V., 31

Kandrashyn D.K., 41
Kazakova Maria, 88
Kravchenko Vladyslav, 122
Krivda V.V., 41

Lobashchuk Dmitri, 95

Matsiuk Irina, 37, 95
Mishchuk D.O., 9, 31, 68
Mishchuk Ye.O., 9, 31
Myla Maria, 20

Novikova Olexandra, 79

Olenich G.S., 67
Olishevska V.E., 72
Olishevskiy H.S., 72

Pashkovsky I., 100
Pimakhov Mykhailo, 88
Pismenkova T., 100
Poiedynok Denys, 106
Prikhodko Margarita, 48
Pustovoi Dmytro, 122

Saveliev Dmytro, 118
Shatov Sergey, 37
Shlyakhov Eduard, 37
Stolbchenko Olena, 118

Teslya A.N., 26, 41
Tverdokhlib Olexander, 79

Verner Ilya, 79, 88
Vyshneveczkiy Vladislav, 62

Yerisov M.M., 14

Ziborov Kirill, 20, 26

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/
	Компания «АСКОН-КР» http://www.ascon.kiev.ua/
	Актюбинський регіональний державний Університет ім. К. Жубанова 030000, Казахстан, м Актобе, пр. А. Молдагуловой, 34 http://arsu.kz/
	Велорський 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/
	Компанія «Synergy R & D» 49000, Україна, м Дніпро, пр. Гагаріна, 61
	Міжнародні наукові інтернет-конференції (Організація та підтримка) http://sci-forum.net.ua/

National Technical University
DNIPRO POLYTECHNIC
1899

CELEBRATING
123 YEARS
ANNIVERSARY

NMU
ORG
UA