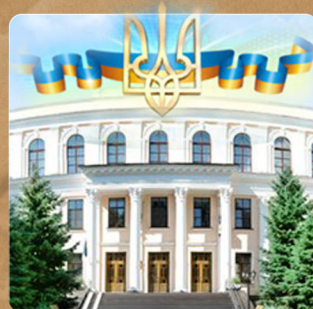




CONFERENCE PROCEEDINGS

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

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

CITERMTI'2021



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

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



OPEN  ACCESS

23 – 24 April 2021

Dnipro University of Technology



Ministry of Education and Science of Ukraine

Dnipro University of Technology
(Ukraine)

Vellore Institute of Technology (India)

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

Training Center 'Infotech'

Public Organization
Education Center 'Open Knowledge'

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

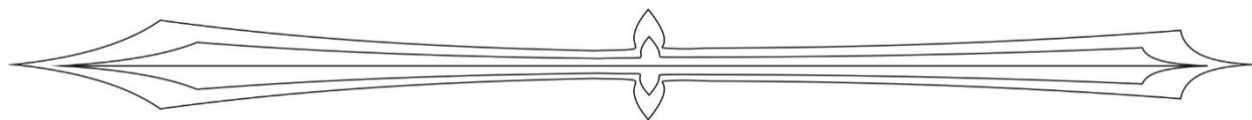
Велорський технологічний інститут (Індія)

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

Учбовий центр «Інфотех»

Громадянська організація
Освітній центр «Відкрите знання»

Contemporary Innovation Technique of the Engineering
Personnel Training
for the Mining and Transport Industry 2021
(CITEPTMTI'2021)
Conference Proceedings



Збірник наукових праць міжнародної конференції

«Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для
гірничої промисловості і транспорту 2021»

23-24 April 2021

Ukraine, Dnipro

23-24 квітня 2021 року

Україна, Дніпро

УДК [[622:378.6]:[005.96:004]](082)

C 232

C 232 Збірник наукових праць міжнародної конференції «Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості і транспорту 2021». – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 166 с.

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

Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry 2021 (CITEPTMTI'2021). Conference Proceedings. (2021) Ukraine, Dnipro: DUT, 166 p.

CITEPTMTI'2021 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

© 2021 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 – **Peter Pilov**, PhD, Professor, Dnipro University of Technology, Honored Scientist of Ukraine;

Secretary – **Vladimir Prociv**, PhD, Professor, Head of Mining Engineering Department, Head of Sector for Rating Educational-Methodical Council 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 – **Пілов П.І.**, доктор технічних наук, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", заслужений діяч науки і техніки України;

вчений секретар – **Проців В.В.**, доктор технічних наук, завідувач кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства, 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	
Kirill Ziborov, Aline Gorohva <i>Increasing the durability of the scraper conveyor bearing units of the hyperbarfilter</i>	К.А. Зіборов, А.Р. Горохова <i>Підвищення довговічності підшипникових вузлів скребкового конвеєру гупербарфільтру</i> 10
O.V. Fedoskina <i>Methods of determining the time of the material contact with the working surface in the vibrating jaw crusher with an inclined crushing chamber</i>	О.В. Федоскіна <i>Методи визначення часу контакту матеріалу з робочою поверхнею в вібраційній щоківій дробарці з похилою камерою дроблення</i> 18
Serhii Shatov, Irina Matsyuk, Eduard Shlyakhov <i>About application of high-class mechanisms of crushing machines</i>	С.В. Шатов, І.М. Мацюк, Е.М. Шляхов <i>Про застосування механізмів високих класів у дробарних машинах</i> 23
Mechanical Engineering and Engineering Science	
Машинобудування і машинознавство	
Maksym Balaka, Dmytro Palamarchuk, Anna Kim <i>Selection and calculation of the replaceable milling head main parameters for the single-bucked excavator</i>	М.М. Балака, Д.А. Паламарчук, А.О. Кім <i>Вибір і розрахунок основних параметрів змінної фрезерної головки для одноківшового екскаватора</i> 28
Yegor Bolohin, Irina Matsyuk <i>Increasing the density of bearing assemblies in belt filter presses</i>	Є.А. Бологін, І.М. Мацюк <i>Збільшення щільності підшипникових вузлів в стрічкових фільтр-пресах</i> 34

Vladislav Vyshnevetskyi, Irina Matsyuk, Oleksander Tverdokhlib <i>Basic materials characteristics analysis for 3D prototyping for educational purposes</i>	В.В. Вишневецький, І.М. Мацюк, О.М. Твердохліб <i>Аналіз характеристик основних матеріалів для 3D прототипування в навчальних цілях</i>	38
Yuri Dotsenko, Vadim Seliverstov <i>Analysis of the efficiency of comprehensive resource saving technology for improving the quality of secondary foundry aluminum alloys with high iron content</i>	Ю.В. Доценко, В.Ю. Селівьорстов <i>Аналіз ефективності комплексної ресурсозберігаючої технології по підвищенню якості вторинних ливарних алюмінієвих сплавів з підвищеним вмістом заліза</i>	42
Yuri Dotsenko, Vadim Seliverstov, Konstantin Zaguba <i>Resource-saving technologies of modification and the effect of pressure during solidification on the properties of castings from a cast alloy systems Al-Si</i>	Ю.В. Доценко, В.Ю. Селівьорстов, К.В. Загуба <i>Ресурсозберігаючі технології модифікування та впливу тиском в процесі затвердіння на властивості виливків із ливарного сплаву системи Al-Si</i>	47
Sergiy Lysak, Vladislav Repin <i>Adaptive equipment for opening of underground pipelines</i>	С.І. Лусак, В.Ю. Рєпін <i>Адаптивна установка для розкривання підземних трубопроводів</i>	52
V.E. Olishevskaya, H.S. Olishevskiy <i>Powder antifriction materials</i>	В.Є. Олішевська, Г.С. Олішевський <i>Порошкові антифрикційні матеріали</i>	59
Nataliia Rott, Viktoriia Dytiuk, Oleksii Myrnyi <i>Research of parameters of surface hardness and thermal shrinkage of products from PLA at their manufacturing by a method of 3D printing</i>	Н.О. Ротт, В.Е. Дитюк, О.О. Мирний <i>Дослідження параметрів поверхневої твердості та термоусадки виробів з PLA при їх виготовленні методом 3D друку</i>	68

Yuri Kholodniak, Alexander Kostikov, Svitlana Kaporovich	Ю.С. Холодняк, О.А. Костіков, С.В. Капорович	76
<i>About computer programs for simplified strength and stiffness analysis of i-beams</i>	<i>Про комп'ютерні програми спрощеного розрахунку двота- врових балок на міцність і жор- сткість</i>	

Transport Technologies and Equipment
Транспортні технології та обладнання

V.V. Krivda	В.В. Кривда	86
<i>Vehicles with an alternative fuel forecast and it development</i>	<i>Транспортні засоби на альтер- нативному виді палива та про- гноз розвитку</i>	
A. Maliienko, I. Lutsenko, S. Fedoriachenko	А.В. Малієнко, І.М. Луценко, С.О. Федоряченко	97
<i>General methods and models of ev charging stations optimal loca- tions</i>	<i>Основні методи та моделі за- дач оптимального розміщення зарядних станцій електромо- блів</i>	
Mikhail Pustovetov	М.Ю. Пустоветов	101
<i>About the size of the grounding device on the boat</i>	<i>О размерах заземлителя на ка- тере</i>	
V.O. Fedoskin, K.I. Kornilenko, M.M. Yerisov	В.О. Федоскін, К.І. Корніленко, М.М. Єрісов	105
<i>Testing the brake system of the hybridized vehicle ZAZ SENS</i>	<i>Випробування гальмівної сис- теми гібридизованного авто- мобіля ЗАЗ СЕНС</i>	

<i>Serhiy Cheberyachko, Olena Tretyak, Viktoriya Dotsenko</i> <i>Increase of population transport service according to effective system formation of urban passenger ground electric transport</i>	<i>С.І. Чеберячко, О.О. Третьак, В.А. Доценко</i> <i>Підвищення транспортного сервісу населення за рахунок формування ефективної системи міського пасажирського наземного електротранспорту</i>	109
---	--	------------

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

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

<i>Ilya Verner, Viktoriia Dytiuk, Marry Myla</i> <i>Cloud services in industrial design</i>	<i>І.В. Вернер, В.Е. Дитюк, М.О. Мила</i> <i>Хмарні технології в промисловому дизайні</i>	120
<i>Anna Fartushna, Irina Matsyuk, Oleksander Tverdokhlib</i> <i>Technical characteristics of photopolymer materials study and its application at 3D prototyping technologies course</i>	<i>А.Ю. Фартушна, І.М. Мацюк, О.М. Твердохліб</i> <i>Вивчення технічних характеристик фотополімерних матеріалів та їх застосування у дисципліні "технології 3D прототипування"</i>	128

Applied Geometry, Engineering Graphics, Ergonomics, Life Safety

Прикладна геометрія, інженерна графіка, ергономіка і безпека життєдіяльності

<i>T. Lysncha, K. Ziborov, T. Pismenkova</i> <i>Ergonomics as a necessary component of training a modern technical specialist</i>	<i>Т.Є. Лісничка, К.А. Зіборов, Т.О. Письменкова</i> <i>Ергономіка – необхідна складова підготовки сучасного технічного фахівця</i>	132
--	--	------------

Dmytro Pustovoi, Oleksii Myrnyi <i>Application of video lessons in teaching graphic disciplines to the students of engineering and technical specialties</i>	Д.С. Пустовой, О.О. Мирний <i>Застосування відеоуроків при викладанні графічних дисциплін студентам інженерно-технічних спеціальностей</i>	140
Tamara Savelieva, Dmytro Pustovoi <i>Use of specialized 3D-modeling programs in order to improve the quality of mastering of graphic disciplines</i>	Т.С. Савельєва, Д.С. Пустовой <i>Використання спеціалізованих програм 3D-моделювання з метою підвищення якості засвоєння графічних дисциплін</i>	146
Y.V. Salomatina, K.A. Ziborov, T.O. Pismenkova <i>Overcoming the 'office syndrome' by ergonomically designing seats</i>	Ю.В. Саломатіна, К.А. Зіборов, Т.О. Письменкова <i>Подолання «офісного синдрому» шляхом ергономічного проектування місць для сидіння</i>	151
Anna Fartushna, Kirill Ziborov, Tatiana Pismenkova <i>Students workplace organization in a modern ergatic system at distance learning</i>	А.Ю. Фартушна, К.А. Зіборов, Т.О. Письменкова <i>Організація робочого місця в сучасній ергатичній системі при дистанційному навчанні студента</i>	159
Authors Index	Авторський покажчик	165
About the Conference Organizers	Організатори конференції	166

УДК 622.112

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРУ ГУПЕРБАРФІЛЬТРУ

К.А. Зіборов¹, А.Р. Горохова²

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

²студентка групи 132м-20-2 кафедри конструювання, технічної естетики та дизайну, Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, м. Дніпро, Україна, e-mail: Horokhova.A.R@nmu.one

Анотація. В роботі виконано аналіз роботи підшипникових вузлів скребкового конвеєра у агресивній середі на збагачувальній фабриці.

Ключові слова: вугілля, збагачувальна фабрика, гіпербарфільтр, підшипники, скребковий конвеєр, знос, корозія, комп'ютерна модель, ущільнення.

INCREASING THE DURABILITY OF THE SCRAPER CONVEYOR BEARING UNITS OF THE HYPERBARFILTER

Kirill Ziborov¹, Aline Gorohva²

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

²Student magister, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: Horokhova.A.R@nmu.one

Abstract. The analysis of the operation of the bearing units of the scraper conveyor in an aggressive environment at the concentrator is performed.

Keywords: coal, concentrator, hyperbarfilter, bearings, scraper conveyor, wear, corrosion, computer model, seals.

Вступ. На сьогоднішній день вугілля - головне джерело енергії для промисловості, транспорту, побутових цілей. Він є найважливішим видом сировини в хімічній галузі, використовується для отримання рідкого і газо-подібного палива. Кокс, що одержується при переробці кам'яного вугілля, - основа металургійної промисловості.

Необхідність збільшення енергетичних потужностей, а також екологічні вимоги всередині країни підштовхують вугільні компанії займатися не тільки простим збільшенням видобутку вугілля, але і його збагаченням. Експерти вугільної галузі єдині в думці - майбутнє за збагаченням вугіллям. Збагачене вугілля - це якість сталі, істотне зниження впливу на навколишнє

природне середовище від теплоелектростанцій, скорочення витрат на транспортування вугілля на далекі відстані.

Збагачувальна фабрика представляє собою складний механізм з системами інженерного забезпечення, різноманітним обладнанням, автоматизацією технологічних процесів, трубопроводами тощо.

Процес збагачення вугілля складається з декількох етапів. Один з них - зневоднення флотаційного концентрату. Волога в вугіллі - це баласт, який призводить до значного збільшення транспортних витрат, ускладнює підготовку вугілля до коксування, його зберігання на складах, видачу зі сховищ і дозування. Підвищення вологості вугілля на 1% знижує його ціну на 1,5%. Тому проблема зниження вологості завжди актуальна.

Ціль роботи. Проаналізувати стан підшипникових вузлів та запропонувати технічні рішення для усунення проблем.

Матеріали досліджень. У процесі збагачення вугілля часто використовують дискові фільтри під тиском - гіпербарфільтри (рис.1). Гіпербарфільтр складається з резервуара 1, ряду плоских круглих дисків 2, що насаджені вертикально на центральну горизонтальну трубу 3. Диски, проникні самі по собі, обтягнуті фільтрувальною стрічкою, яка поділена на сектори. В процесі обертання приводом 4 диски проходять через окремі перемішувальні резервуари з суспензією, і розрядження всередині дисків викликає фільтрацію і формування осаду. Після того, як осад сформований, може проводитися просушка шляхом прососування повітря через шар. Промивання осаду в таких фільтрах практично неможлива через вертикальну орієнтацію шару осаду. Гіпербарфільтр встановлюється всередині ємності під тиском, що заповнюється стисненим повітрям. При надмірному (до 6 бар) тиску здійснюється фільтрація і зневоднення осаду. Для обробки осаду застосовується чистий перегрітий пар. Для цього використовується спеціально розроблена парова камера, яка охоплює частину фільтра і утворює окрему область насиченої пари на фільтрі. Таким чином, фільтрація, промивання і зневоднення концентрату вугілля відбуваються в новій якості і призводять до отриманню зневодненого осаду з надзвичайно низькою вологістю 8-10 відсотків.

Просушений осад знімається за допомогою ножів або дротяних скребків з обох сторін диска. Транспортування здійснюється скребковим конвеєром. Найбільш проблемним вузлом даної установки є підшипниковий вузол скребкового конвеєра (рис.2).

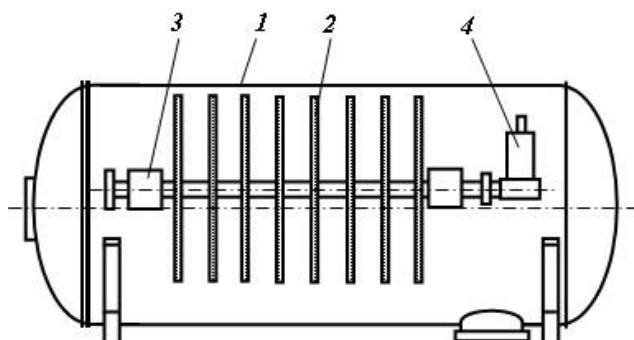


Рисунок 1 - Гіпербарфільтр: а) «Збагачувальна фабрика «Свято-Варваринська»; б) схема фільтра



Рисунок 2 - Типові руйнування підшипників скребкового конвеєру гіпербарфільтру

Проведений аналіз стану опорних вузлів на підприємстві «Збагачувальна фабрика «Свято - Варваринська» показує, що на встановлених підшипниках виявлені наступні проблеми (рис.3):

- ✓ знос сепараторів через можливу нестачу мастила;
- ✓ абразивний знос внаслідок попадання бруду і пилу;
- ✓ корозія елементів внаслідок попадання води в підшипник;
- ✓ руйнування сепараторів внаслідок динамічних вібраційних навантажень.

Для вирішення завдання підвищення довговічності підшипникових вузлів скребкового конвеєра гіпербарфільтра були вирішені наступні завдання:

- 1) складена кінематична схема вузла підшипника, на підставі якої розроблена розрахункова схема (рис.4).

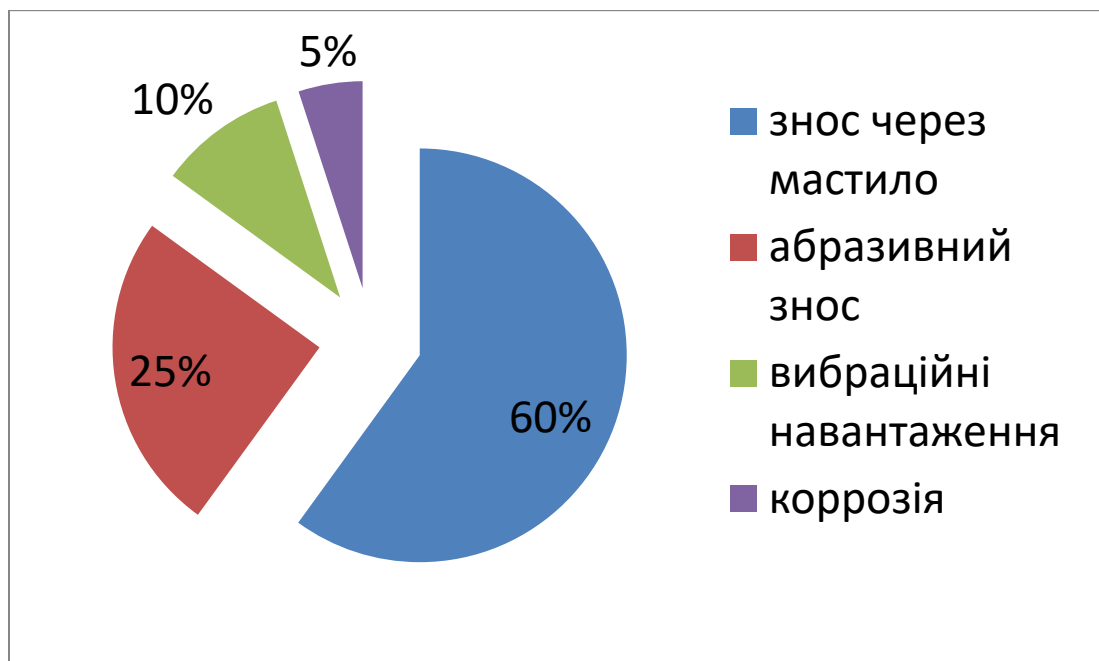


Рисунок. 3 - Фактори, що викликають руйнування підшипників

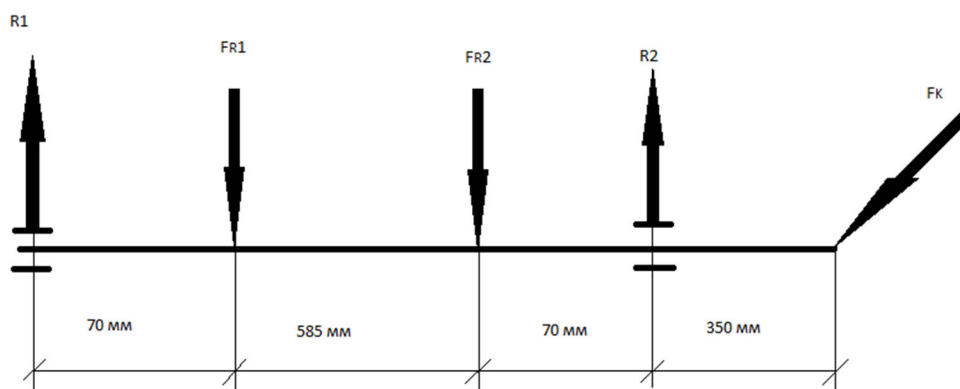


Рисунок 4 – Розрахункова схема навантаження

За результатами визначено, що реакція опори на ненавантаженому підшипнику - 5738 Н, на навантаженому підшипнику - 39040 Н, частота обертів сепаратора підшипника визначалася за формулою (1)

$$\frac{n_B}{n_H} = \frac{n_c}{n_c} = -\frac{D_H}{D_B \frac{35 - n_c}{0 - n_c}}$$

$$= -\frac{160}{90}$$

$$n_c = 12.6 \text{ об/хв}$$
(1)

де n_B - частота обертання внутрішнього кільця, n_H - частота обертання зовнішнього кільця, D_H - зовнішній діаметр, D_B - внутрішній діаметр підшипника.

2) отримані дані було використано в комп'ютерній моделі, складеної за допомогою програми SolidWorks (рис.5).

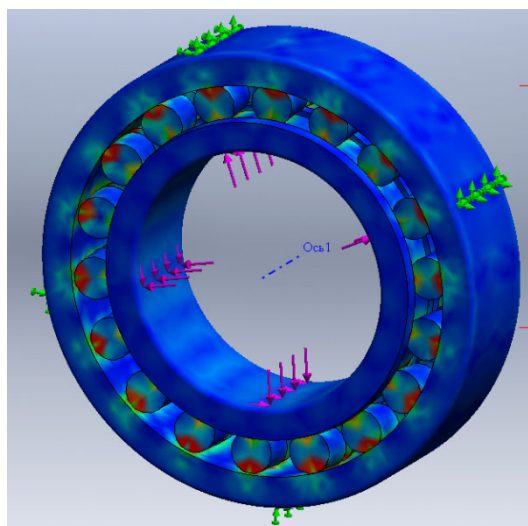


Рисунок 5 - Модель підшипника в програмі SolidWorks

Для складеної моделі розглядалися варіанти підшипника даного типу з сепараторами, виконаними з інших матеріалів 22218-EG15-W33C3 сепаратор з поліаміду; 22218-EM-W33 - масивний нероз'ємний сепаратор. Відмінності в підшипниках тільки матеріалах сепараторів. Дані, отримані в розрахунковій схемі були закладено в програму SolidWorks Simulation для кожного виду сепараторів (рис.6-8).

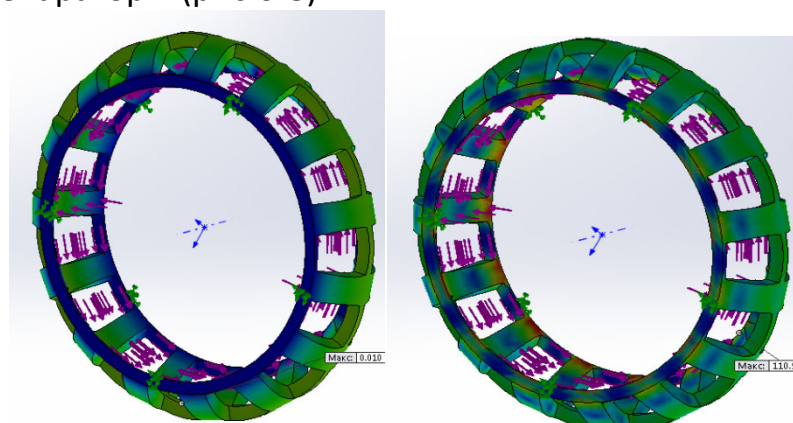


Рисунок 6 - Розрахунок сепаратора для підшипника 22218-E-A-W33 в SolidWorks Simulation

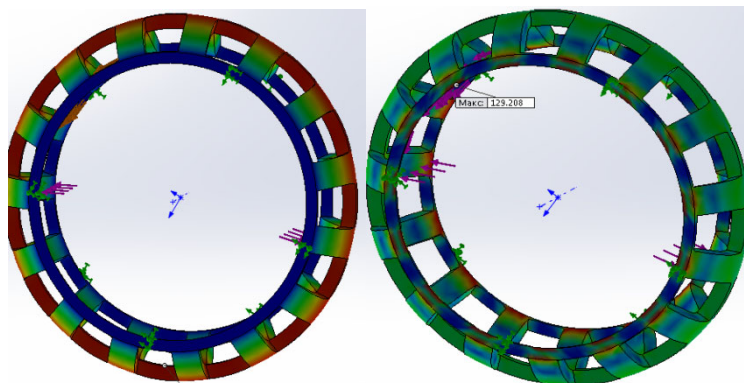


Рисунок 7 - Розрахунок сепаратора для підшипника 22218-EG15-W33C3 в SolidWorks Simulation

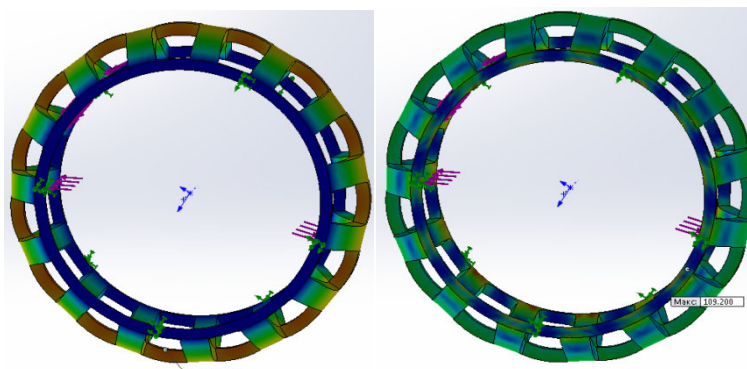


Рисунок 8 - Розрахунок сепаратора для підшипника 22218-E-M-W33 в SolidWorks Simulation

Результати отриманих розрахунків зведено у табл.1.

Табл. 1.

	22218-EA-W33	22218-EG15-W33C3	22218-EM-W33
Переміщення	0,01 мм	0,218 мм	0,022 мм
Навантаження	110 МПа	129 МПа	109 МПа

Видно що найбільша еквівалентна деформація у підшипника 22218-EG15- W33C3 з поліамідним сепаратором - 0,218 мм.

3) проведено статистичний розрахунок в програмі APM WinBear. Отримано наступні результати: сили, що діють на тіла кочення (рис.9), моменти тертя (рис.10), осьове, радіальне і бічне биття (рис.11).

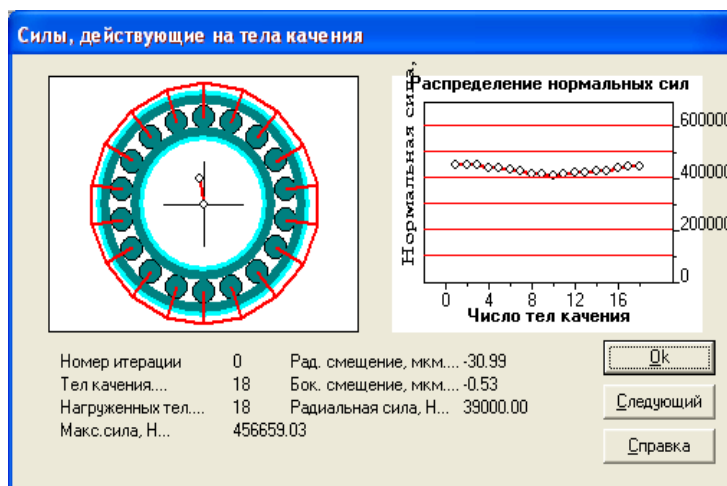


Рисунок 9 - Силы, що діють на тіла кочення

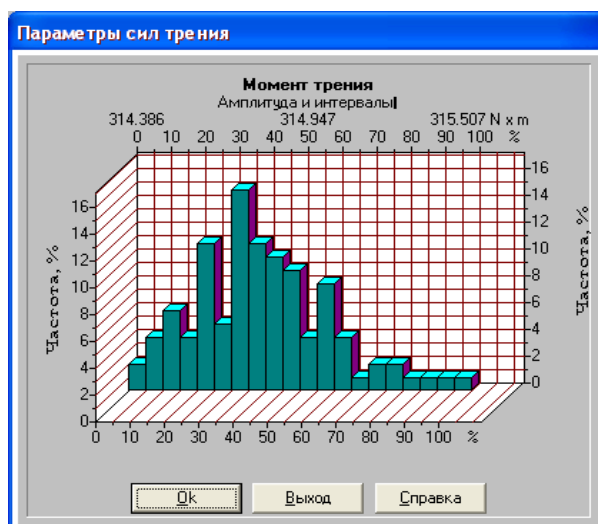


Рисунок 10 - Моменти тертя у підшипнику

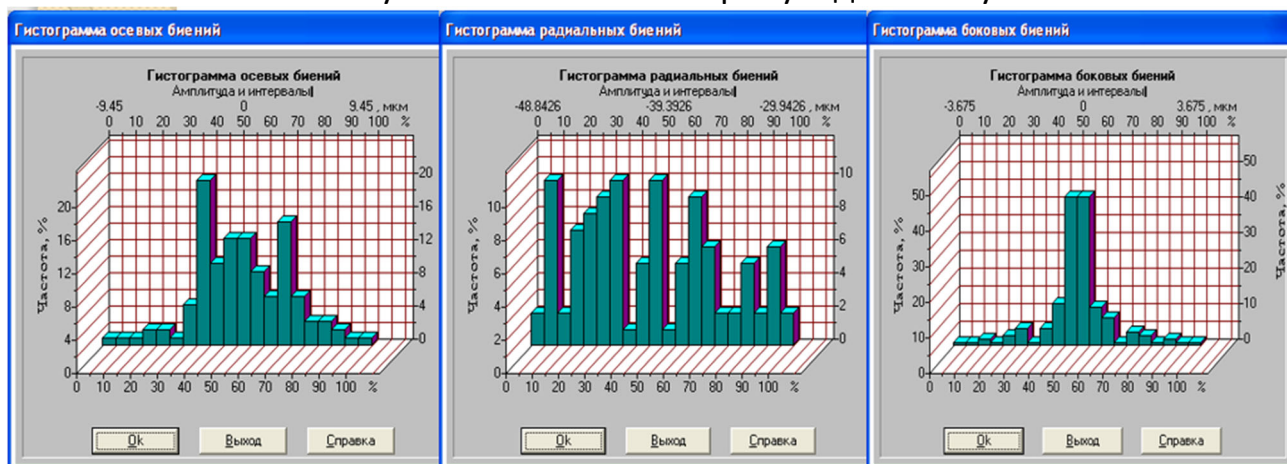


Рисунок 11 - Осьове, радіальне і бічне биття

Розрахункова довговічність підшипника склала 22 000 годин за умовами неідеального контакту.

На момент розглядання вхідної проблеми у підшипниковому вузлі стояло ущільнення - манжета армована 1,2-90x120, яка застосовується для ущільнення вала при температурі від -45 до +100 °C, швидкості обертання до 20м/с і тиску 0,05 МПа. Для запобігання попадання води і бруду в підшипниковий вузол і подовження його роботи було проведено підбір іншого ущільнення - точене ущільнення R02-R компанії SEAL JET. Матеріали обрані наступні: активний елемент - MVQ, армуємий – POM. Ці матеріали більш стійкі до стирання і дії абразивних частин, також там є додаткова кромка для захисту від попадання вологи і пилу. Армуюче кільце забезпечить стримування навантаження в осьовому напрямку матеріалом, що транспортується і дозволить знизити ймовірність продавлювання і руйнування ущільнення.

Висновок. Таким чином, проведений аналіз умов роботи елементів підшипникового вузлу скребкового конвеєра гіпербарфільтр та проведені інженерні розрахунки його елементів за різними критеріями дозволяють зробити наступні висновки та розробити рекомендації:

- ✓ контролювати рівень мастила і температури в підшипнику;
- ✓ провести заміну сепаратору на поліамідний, так як він більш деформується, що дозволяє зменшити ймовірність заклинювання підшипника;
- ✓ провести заміну ущільнення на R02-R, так як його матеріали підходять для даного виробництва, а також він має додаткову кромку для обмеження попадання пилу, бруду і води;
- ✓ перед покупкою підшипника з'ясовувати з якого матеріалу зроблені кільця, щоб зменшити ймовірність розриву кілець, а внаслідок, і сепараторів;
- ✓ проводити додатковий розрахунок посадки перед установкою нового підшипника, щоб зменшити напруги від натягу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перель Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор. Справочник. / Перель Л.Я. / - Москва, "Машиностроение" 1983 г.
2. Типові проблеми у роботі підшипників та їх причини [Електронний ресурс] / URL: <https://ebearing.com.ua/uk/content/269-tipovi-problemi-u-roboti-pidshipnikiv-ta-yikh-prichini>

УДК 621.926.2

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ КОНТАКТУ МАТЕРІАЛУ З РОБОЧОЮ ПОВЕРХНЕЮ В ВІБРАЦІЙНІЙ ЩОКОВІЙ ДРОБАРЦІ З ПОХИЛОЮ КАМЕРОЮ ДРОБЛЕННЯ

О.В. Федоскіна

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

Анотація. В роботі проаналізовані експериментальні методи визначення часу контакту робочої поверхні щоки з матеріалом при одиничному ударі.

Ключові слова: дробарка, камера дроблення, осцилограма, метод, датчик, пружні елементи.

METHODS OF DETERMINING THE TIME OF THE MATERIAL CONTACT WITH THE WORKING SURFACE IN THE VIBRATING JAW CRUSHER WITH AN INCLINED CRUSHING CHAMBER

O.V. Fedoskina

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

Abstract. The paper analyzes the experimental methods for determining the contact time of the working surface of the cheek with the material in a single impact.

Keywords: crusher, crushing chamber, oscillogram, method, sensor, elastic elements.

Вступ. У загальному ланцюжку технологічного процесу переробки корисних копалин операція подрібнення є найбільш дорогою в зв'язку зі значним споживанням електроенергії [1]. В даний час для подрібнення міцних і абразивних матеріалів ефективно застосовується вібраційна щокова дробарка. Реалізований в ній високочастотний ударний характер навантаження матеріалу дозволив знизити енергоспоживання і металоємність установки, підвищити ступінь дроблення [2]. При цьому вибір параметрів навантаження геоматеріалів вимагає теоретичного обґрунтування, де істотну роль грає час контакту щоки з матеріалом в момент контакту.

Мета роботи на підставі проведених експериментальних досліджень дати аналіз методів, що застосовуються для визначення часу контакту щоки з матеріалом.

Матеріал і результати досліджень. У загальному вигляді дробарка (рис.1) включає пасивну (нижню) дроблячу щоку 1, яка встановлена на

пружних елементах 5 і одночасно виконує функцію корпусу. Активна щока 3 встановлена в стійках пасивної щоки за допомогою осі підвісу 2, щодо якої може здійснювати поворотні коливання. У заданому нейтральному положенні активна щока утримується пружними елементами 6. Коливання щік генеруються двохвальним інерційним віброзбуджувачем 2. Синхронне протифазне обертання дебалансних валів забезпечується зовнішньою або внутрішньою зубчастою передачею. Робочі поверхні щік футеровані зносостійкими плитами 7.

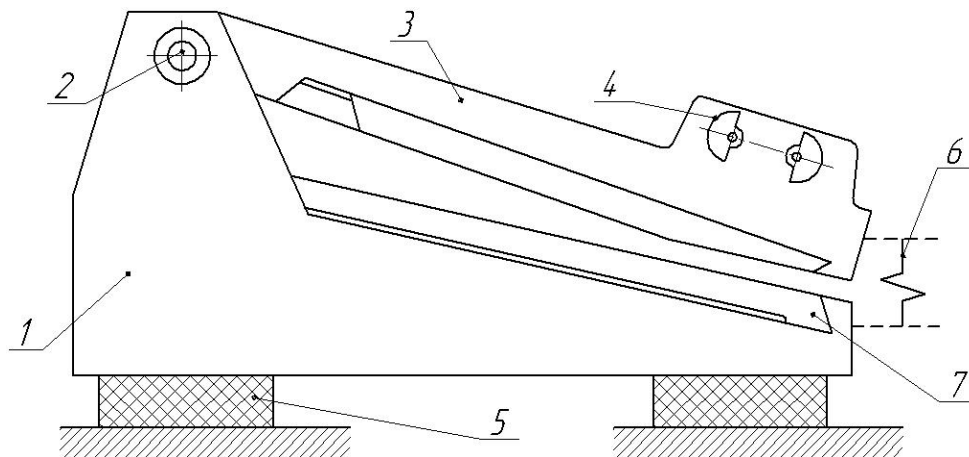


Рисунок 1 - Конструктивна схема дробарки

Руйнування матеріалу відбувається в камері дроблення, яка утворена робочими поверхнями пасивної 1 і активної 2 щік. Час контакту (затиснення) матеріалу з щоками в період его проходження через камеру визначається декількома методами.

Метод 1 заснований на замиканні контактів електричного кола, утвореного акумуляторною батареєю, щоками дробарки і реєструючим пристроєм. Для цього один полюс (умовно приймемо его позитивним) акумуляторної батареї підключався безпосередньо до входного гнізда осцилографу USB, а другий полюс (негативний) акумуляторної батареї закріплювався на активній щоці 1, негативний вхід гнізда осцилографа з'єднувався з пасивною щокою 2 (рис.2). Схема працює за наявності зазору (ширини розвантажувального вікна) між робочими поверхнями щік в положенні статичної рівноваги, що забезпечує розрив електричного кола. Крім того, активна щока повинна бути ізольована від усіх струмопровідних елементів подрібнювача.

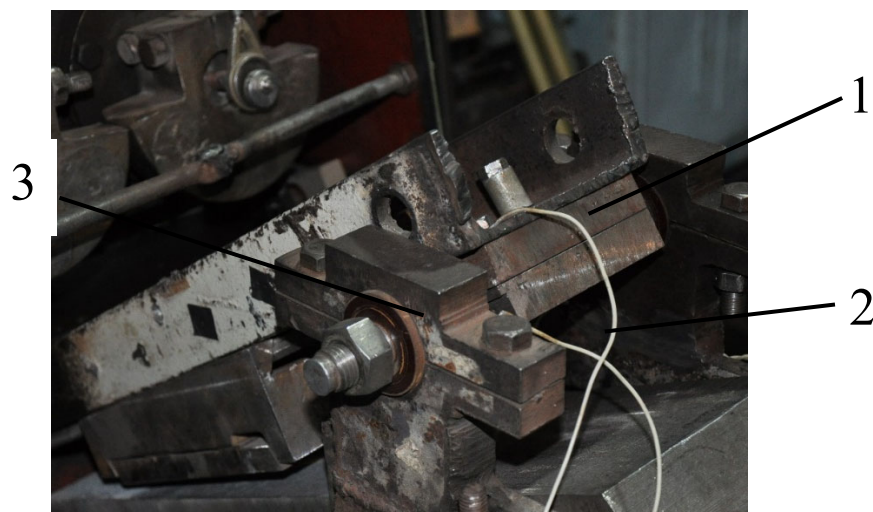
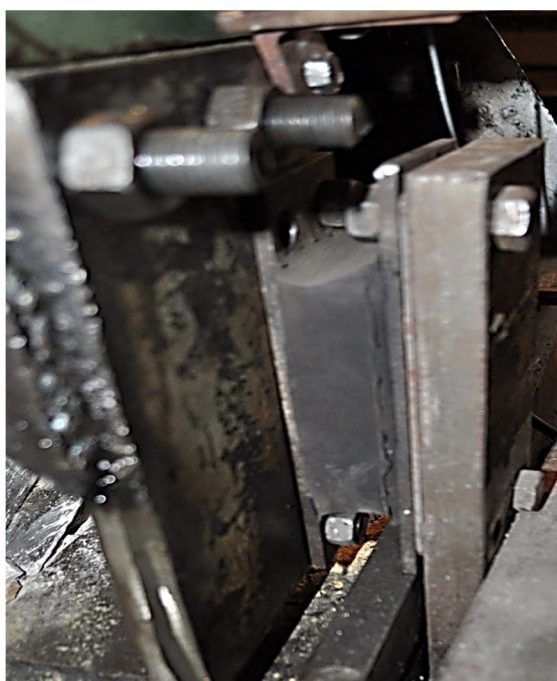


Рисунок 2 - Установка ізолюючих підшипників і електричних контактів

Струмоізоляція активної щоки від пасивної виконана за допомогою текстолітових підшипників ковзання 3 (рис,2), які встановлено замість підшипників кочення на осі підвісу щоки, а також гумовометалевих пружних елементів (рис.3а), розташованих між активною і пасивною щокою подрібнювача. Струмоізоляція активної щоки від електродвигуна здійснюється пружною пелюстковою муфтою(рис.3б).



а



б

Рисунок 3 - Струмоізоляція активної щоки
а - від пасивної щоки, б - від електродвигуна

Для отримання вихідної інформації процесу взаємодії матеріалу з робочими поверхнями щік в камеру дроблення подаються струмопровідні елементи. У момент контакту струмопровідного елемента з робочими поверхнями щік (початкова фаза удару) відбувається замикання електричного кола і подача сигналу на реєструючу апаратуру.

Отримані осцилограми дозволили визначити час затиснення матеріалу між щоками подрібнювача і фазний кут контакту щік з матеріалом.

На осцилограмі (рис.4) прямі горизонтальні відрізки відповідають часу контакту щік з матеріалом. Величина однієї клітинки становить 5ms.

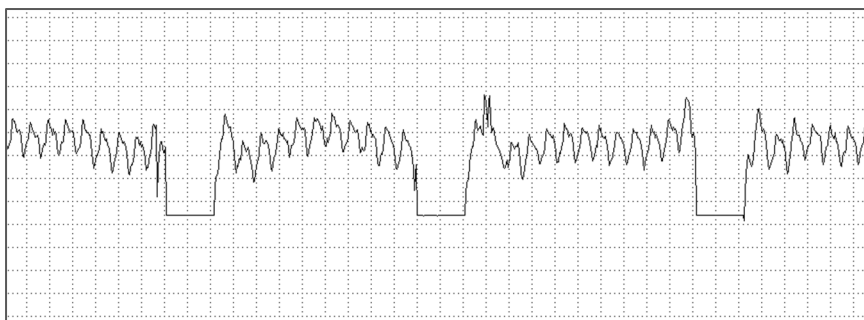


Рисунок 4 – Осцилограма контакту щік з матеріалом

Даний метод відрізняється простотою вимірювання і не вимагає складної вимірювальної апаратури. Контакт щік з матеріалом фіксується по всій робочій поверхні щоки. Однак підготовка обладнання до проведення досліджень пов'язана зі значними труднощами.

Метод 2 заснований на використанні датчиків прискорення і вібровимірювальної апаратури. Датчик встановлюється на активній щоці. З наведеної осцилограми (рис.5) видно, що досить точно визначається момент початку контакту і виникають складнощі визначення втрати контакту.

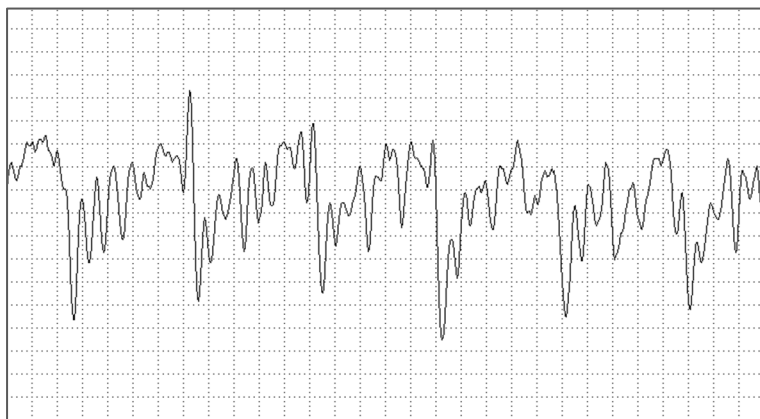


Рисунок 5 – Осцилограма прискорень активної щоки

Це позначається на визначеності отриманих результатів. Помилка може досягати неприпустимих значень, тому даний метод можна використовувати як орієнтовний. Перевага методу полягає в тому, що не потрібні трудомісткі роботи з підготовки елементів дробарки для встановлення датчика. В окремих випадках може використовуватися існуючий датчик, встановлений на активній щоці дробарки. Контакт щік з матеріалом фіксується по всій робочій поверхні щоки.

Метод 3 електротензометричний. Даний метод вимагає підготовки спеціальної тензометричної пластини з наклеєними тензометричними датчиками. Тензопластина 1 встановлюється в пазах робочої поверхні активної щоки 2 (рис.6) на опорах 3 і закріплюється трапецієвидними планками 4. Пристрій знімання параметрів взаємодії щоки з матеріалом представляється досить складним і вимагає застосування спеціальної апаратури. Дослідженню можуть піддаватися матеріали з широким діапазоном фізико-механічних характеристик. Однак знімання параметрів в камері дроблення обмежено площею тензометричної пластини.

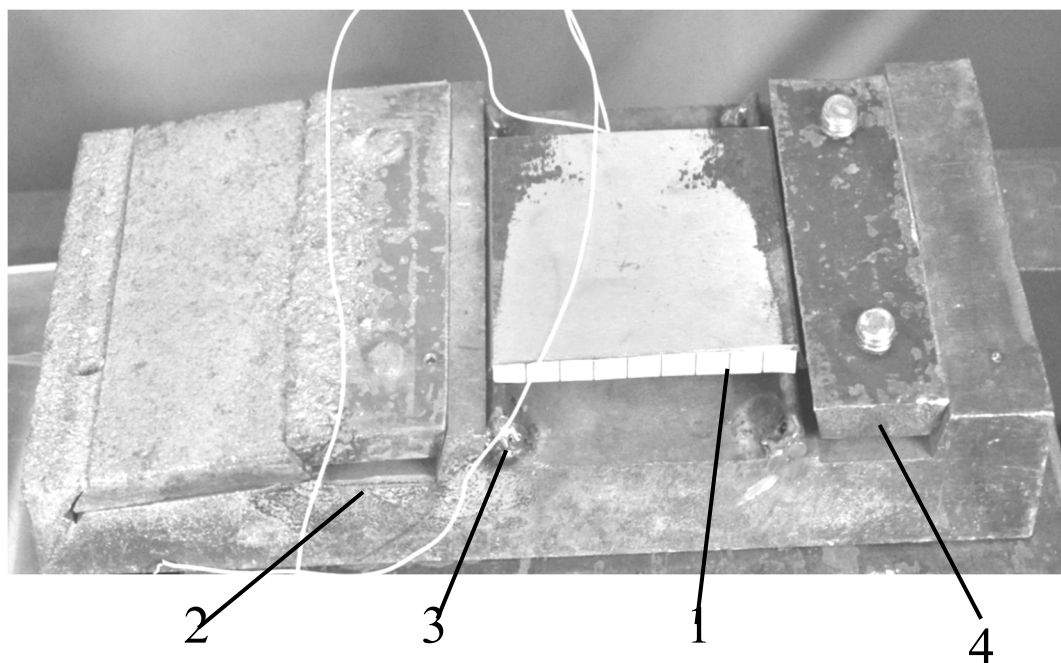


Рисунок 6 – Встановлення тензометричної пластини

При такому методі отримана більш широка картина взаємодії щоки з матеріалами в порівнянні з описаними вище методами. Дроблення шматка шунгіту описується осцилограмою, представленою на рис.7.

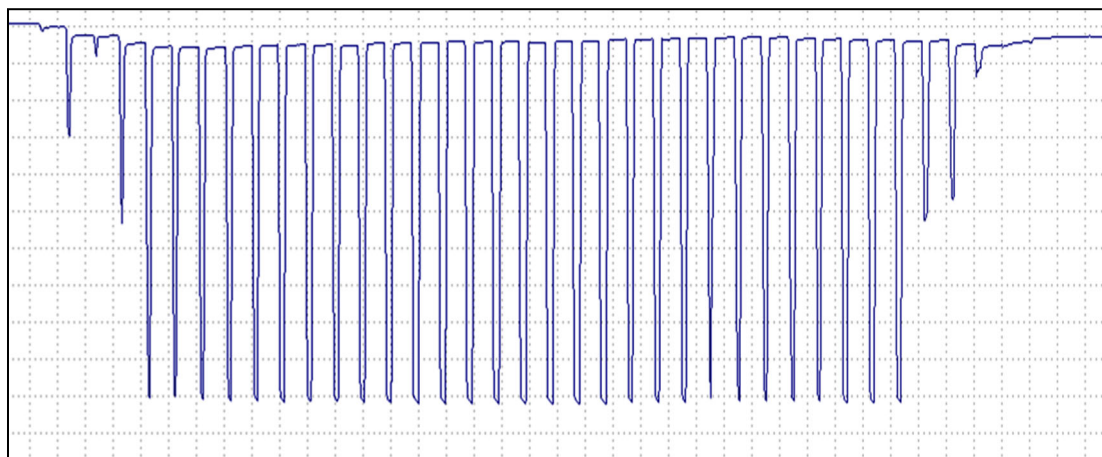


Рисунок 7 – Осцилограма дроблення шматка матеріалу

З отриманої осцилограми, крім часу контакту удару, визначається величина навантаження, кількість ударів, необхідних для руйнування шматка і характер протікання процесу руйнування. Це представляє одну із основних переваг електротензометричного методу.

Висновок. Проведений аналіз методів визначення часу контакту матеріалу з робочою поверхнею щік віброщогової дробарки з похилою камерою дроблення показав переваги і недоліки розглянутих методів. Показана необхідність вибору методу, виходячи з конкретної конструкції активної щіки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ходаков Г.С. Физика измельчения. – М.: Наука, 1972. – 308 с.
2. Федоскіна О.В. Динаміка віброударного подрібнювача з похилою робочою камерою: Автореф. дис. канд. техн. наук –Дніпро, 2018. – 19 с.

УДК 621.833

ПРО ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ВИСОКИХ КЛАСІВ У ДРОБАРНИХ МАШИНАХ

С.В. Шатов¹, І.М. Мацюк², Е.М. Шляхов³

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

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

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

Анотація. В роботі розглянуті результати дослідження застосування механізмів високих класів у важко навантажених дробарних машинах.

Ключові слова: дроблення, щокова дробарка, важільний механізм, кут захоплення, Mathcad, складний рух щок.

ABOUT APPLICATION OF HIGH-CLASS MECHANISMS OF CRUSHING MACHINES

Serhii Shatov¹ Irina Matsyuk², Eduard Shlyakhov³

¹Ph.D., Dr., professor, Department Construction and Road-Building Machines, State Higher Education Establishment "Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture", Dnipro, Ukraine, e-mail: shatov.sv@ukr.net

²Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: matsyukin@ua.fm

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

Abstract. The paper considers the results of a study of the use of high-class mechanisms in heavy-duty crushing machines.

Keywords: crushing, jaw crusher, lever mechanism, gripping angle, Mathcad, complex movement of cheeks.

Вступ. Переважна більшість механізмів в сучасній техніці належать до другого класу за класифікацією Ассура-Артоболевського. Механізми високих класів (МВК) застосовують значно менше. Проте вже у цьому столітті спостерігається тенденція активного вивчення і застосування МВК. При цьому їх починають рекомендувати використовувати навіть в машинах гірничотехнічної галузі.

Серед таких машин можна вказати щокові дробарки, що використовуються на першому етапі подріблення добутого матеріалу.

Мета роботи. Синтез двощогової дробарки зі складним рухом щок, що забезпечує зміну кута захоплення кусків матеріалу у невеликому діапазоні.

Матеріал і результати досліджень. Ряд патентів РФ [1] присвячені різним дробильним машинам, в яких використані механізми п'ятого (№2232637) і шостого (№2332260, №2423179) класів. В основу щокової дробильної машини з двома рухомими щокми (патент РФ №2538108) покладено механізм четвертого класу. Відомий також патент Російської фе-

дерації на конструкцію механізованого кріплення (патент №2303699), в якій застосований механізм четвертого класу.

Щоківі дробарки застосовують для великого та середнього дроблення різних матеріалів перш за все у таких галузях народного господарства, як гірничодобувна та будівельна. Одним з важливих параметрів цих дробильних машин є кут захоплення матеріалу. Кут захоплення - найбільший кут між щоками, що забезпечує нормальне дроблення і виключає можливість виштовхування куска матеріалу із завантажувального отвору дробарки.

Якщо у процесі дроблення кут захоплення не перевищує критичного значення, немає витрат енергії на витіснення шматків матеріалу з камери дроблення.

В роботі [2] виконано теоретичне дослідження щоківі дробарки (рис. 1) на основі важільного механізму четвертого класу. Під час цього дослідження було помічено, що кут між щоками змінюється незначно. З'явилася ідея синтезувати дробарку, в якій кут захоплення в процесі дроблення залишається практично незмінним.

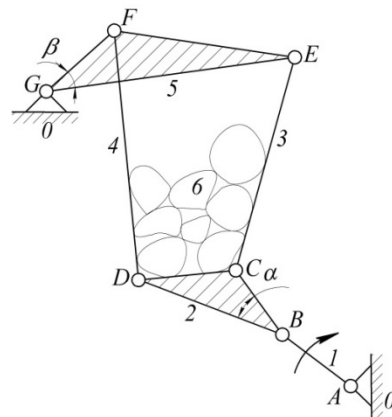


Рисунок 1 – Схема щоківі дробарки

Щоки дробарки (3) і (4) рухаються при обертанні приводного кривошипа (1). Щоки і дві трьохпарні ланки (2) і (5) утворюють замкнений чотириланковий контур CDFE, в якому і відбувається дроблення матеріалу 6. Кривошип надає руху ланці 2 і цим забезпечує складний рух щок.

Для дослідження були прийняті наступні координати шарнірів A і G механізму (м): $x_A = 0$; $y_A = 0$; $x_G = -0,35$; $y_G = 0,8$. Розміри ланок (м): $l_{AB} = 0,07$; $l_{BC} = 0,075$; $l_{BD} = 0,15$; $l_{CE} = 0,92$; $l_{DF} = 0,92$; $l_{GE} = 0,55$; $l_{GF} = 0,2$. Значення кутів прийняті наступними: $\alpha = 36,336^\circ$; $\beta = 34^\circ$.

Як і в [2] ланки важільного механізму дробарки (рис. 2) представили у вигляді відповідних векторів (рис. 3).

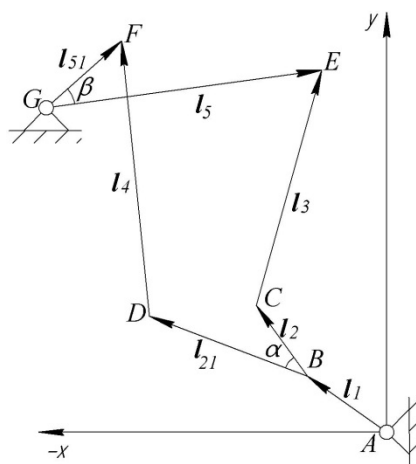


Рисунок 2 – Векторна інтерпретація ланок механізму дробарки

Дослідження виконано у програмі Mathcad 11. Мета дослідження – визначення положень ланок механізму в залежності від кута повороту вхідного кривошипу.

На основі системи векторних рівнянь замкненості контурів механізму (рис. 4) були отримані відповідні залежності кутів повороту ланок (рис. 5).

Аналіз цього варіанту показав, що кут між ланками змінюється незначно і лежить в межах 22-29°. Але більшість матеріалів для подрібнення мають коефіцієнти тертя, для яких кут захоплення знаходиться у діапазоні 0,18-0,24.

$$l_1 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_1) \\ \sin(\phi_1) \\ 0 \end{pmatrix} + l_2 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_2) \\ \sin(\phi_2) \\ 0 \end{pmatrix} + l_3 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_3) \\ \sin(\phi_3) \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_G \\ y_G \\ 0 \end{pmatrix} + l_5 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_5) \\ \sin(\phi_5) \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$l_1 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_1) \\ \sin(\phi_1) \\ 0 \end{pmatrix} + l_{21} \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_2 + \alpha) \\ \sin(\phi_2 + \alpha) \\ 0 \end{pmatrix} + l_4 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_4) \\ \sin(\phi_4) \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_G \\ y_G \\ 0 \end{pmatrix} + l_{51} \cdot \begin{pmatrix} \cos(\phi_5 + \beta) \\ \sin(\phi_5 + \beta) \\ 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 4 – Фрагмент документу Mathcad з векторними рівняннями замкненості контурів механізму

Було виконано пошук геометричних параметрів механізму для реалізації потрібного кута захоплення. Приймавши довжини $l_{GE} = 0,5$ м; $l_{GF} = 0,23$ м та кут $\beta = 25^\circ$, отримано результати представлені на рис. 6.

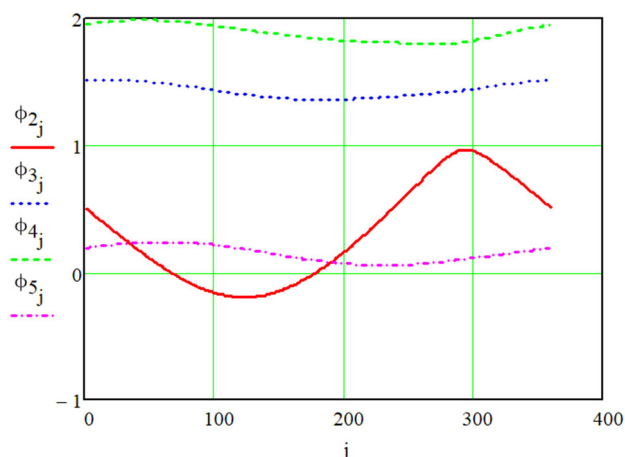


Рисунок 5 – Залежності кутів повороту ланок механізму (рад) від кута повороту кривошипа j (градуси)

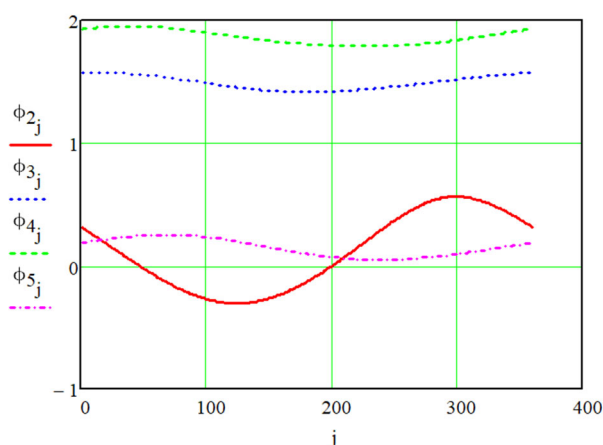


Рисунок 6 – Результати дослідження механізму, що забезпечує кут захоплення у межах $18-24^\circ$

В разі потреби можна ще звужити отриманий діапазон.

Висновок. Для розглянутої дробарки на основі механізму четвертого класу зі складним рухом щок підбором геометричних параметрів можна забезпечити зміну кута захоплення матеріалу у потрібних межах, що забезпечує певну економію енергії дроблення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Matsyuk, I.N., Shlyahov, E.M., & Yehurnov, O. I. (2019). On applying high-class mechanisms of heavy-loaded machines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 68-73. DOI: 10.29202/nvngu/2019-3/6
2. Matsyuk, I.N., Shlyahov, E.M., & Yehurnov, O. I. (2018). Some aspects of synthesis of linkage of complex structures. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 57-63. DOI: 10.29202/nvngu/2018-3/14

3. Moldovan C.E., Lovasz E.-C., Perju D., Modler K.-H., Maniu I.: On the Kinematic Analysis of the fourth class Mechanisms, Proc. of the 14th IFTOMM World Congress, Taipei, Taiwan, 25-30 oct. 2015, OS8-023, (2015) www.iftomm2015.tw.

4. С.О. Кошель, Г. В. Кошель. 2016. Аналіз плоских механізмів вищих класів з рухомим замкненим контуром. Вісник Хмельницького технічного університету. Технічні науки. №4. С. 15-19.

УДК 621.879.31

ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІННОЇ ФРЕЗЕРНОЇ ГОЛОВКИ ДЛЯ ОДНОКІВШОВОГО ЕКСКАВАТОРА

М.М. Балака¹, Д.А. Паламарчук², А.О. Кім³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних машин, e-mail: [ba-laka.mm@knuba.edu.ua](mailto:balaka.mm@knuba.edu.ua)

²кандидат технічних наук, доцент кафедри професійної освіти, e-mail: palamarchuk.da@knuba.edu.ua

³студентка групи ІЛС-51, e-mail: kim_ao@knuba.edu.ua

^{1,2,3}Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

Анотація. В роботі розглянуто вибір і розрахунок основних параметрів запроєктованої фрезерної головки, що застосовується в якості змінного робочого органу для одноківшового екскаватора. В обертальну дію фрезерну головку приводить вбудований мотор-редуктор, який поєднує всі переваги планетарної передачі. Визначено конструктивну та експлуатаційну маси екскаватора зі змінною фрезерною головкою.

Ключові слова: фрезерна головка, параметр, планетарна передача, екскаватор.

SELECTION AND CALCULATION OF THE REPLACEABLE MILLING HEAD MAIN PARAMETERS FOR THE SINGLE-BUCKED EXCAVATOR

Maksym Balaka¹, Dmytro Palamarchuk², Anna Kim³

¹Ph.D., Associate Professor of Building Machines, Department, e-mail: [ba-laka.mm@knuba.edu.ua](mailto:balaka.mm@knuba.edu.ua)

²Ph.D., Associate Professor of Professional Education, Department, e-mail: palamarchuk.da@knuba.edu.ua

³Student of ILS-51 group, e-mail: kim_ao@knuba.edu.ua

^{1,2,3}Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract. The selection and calculation of the designed milling head main parameters, which is used as a replaceable operating element for the single-bucked excavator, are considered in this paper. The milling head is driven by a built-in gear motor that combines all the advantages of planetary gears. The constructive and operational mass of the excavator with a replaceable milling head is determined.

Keywords: milling head, parameter, planetary gear, excavator.

Вступ. Одноківшові екскаватори займають важливе місце серед будівельних машин для виконання земляних робіт. Техніко-експлуатаційні показники екскаватора значною мірою визначаються типом привода, досконалістю конструкцій, якістю виготовлення і належним рівнем експлуатації. Машинобудівна промисловість випускає достатньо широку номенклатуру універсальних одноківшових екскаваторів із гнучкою і жорсткою підвісками робочого обладнання на гусеничному і пневмоколісному ході, оснащених різним змінним робочим обладнанням та робочими органами.

Одним з основних напрямів підвищення ефективності роботи одноківшових екскаваторів є удосконалення робочих органів шляхом переходу від простих металоконструкцій до систем багатофункціональних пристроїв [1]. Так запроєктовано змінну фрезерну головку для розкриття підземних комунікацій, для планування стінок і дна траншей та котлованів, земляної полотнини під фундаменти, для розпушування мерзлих нерудних матеріалів, для аварійно-відбудовних робіт в умовах стихійних лих та катастроф.

Фрезерна головка (рис. 1) містить корпус 1, всередині якого розташовано планетарний двоступінчастий редуктор, гідромотор 2, фрези 3 з боковими 4 і торцевими 5 різцями. З корпусом жорстко з'єднана опорна плита 6, на якій закріплено кронштейн 7. Це дозволяє шарнірно з'єднати фрезерну головку з рукояттю 8 і тягою 9 робочого обладнання екскаватора [2].

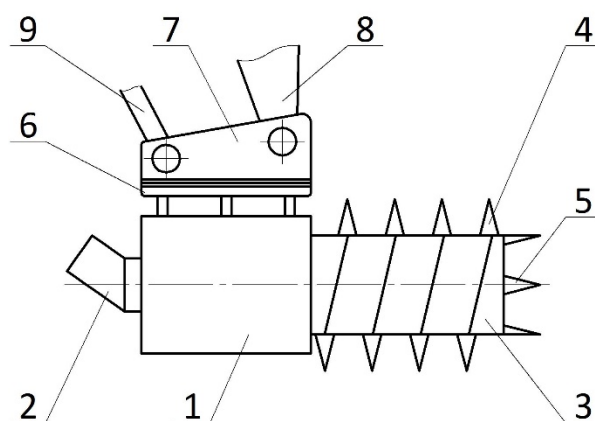


Рис. 1 – Принципова схема змінної фрезерної головки

За допомогою гідроциліндра керування робочим обладнанням екскаватора фрезерна головка змінює свою просторову орієнтацію відносно оброблюваної ґрунтової поверхні. Гідромотор через планетарний редуктор приводить в обертальну дію фрезу, різці якої руйнують ґрунт.

Мета роботи. Вибрати і розрахувати основні параметри фрезерної головки, що застосовується в якості змінного робочого органу для одноківшового екскаватора, а також визначити конструктивну та експлуатаційну маси екскаватора зі змінною фрезерною головкою.

Матеріал та результати досліджень. В основу конструкції фрезерної головки покладена змінна фрезерна головка ГФ-41 для екскаваторів IV розмірної групи [3], технічні характеристики якої наведено у таблиці 1.

До основних параметрів фрезерної головки відносяться:

- максимальна частота обертання фрези $n_{фр}$, хв^{-1} ;
- діаметр фрези по різцях $D_{фр}$, мм;
- довжина фрези $L_{фр}$, мм;
- потужність привода $N_{пр}$, кВт.

Таблиця 1 – Технічні характеристики фрезерної головки ГФ-41

Показник	Значення
Максимальний крутний момент при тиску 20 МПа, кН·м	7
Максимальна частота обертання фрези, хв^{-1}	60
Діаметр фрези по різцях, мм	720
Довжина фрези по торцевим різцям, мм	960
Кут повороту головки навколо осі підвіски, град	360
Габаритні розміри, мм	1840×720×870
Маса, кг	1300

Зважаючи, що на цей час у технічних джерелах інформації відсутні аналітичні методи розрахунку основних параметрів фрезерних головок, як змінного робочого органу до навісного обладнання одноківшових екскаваторів, скористаємося методами подібності та моделювання [4], прийнявши за базовий варіант змінну фрезерну головку ГФ-41.

Визначаємо потужність привода фрезерної головки $N_{пр}$

$$N_{пр} = k_{пр} \cdot N_e = 0,5 \cdot 125 = 62,5 \text{ кВт},$$

де $k_{пр}$ – частина потужності силового обладнання екскаватора, що витрачається на привод фрезерної головки $k_{пр} = 0,5$ [3]; N_e – потужність силового обладнання екскаватора, $N_e = 125$ кВт для екскаватора ЭО-5123 [5].

Визначаємо частоту обертання фрези $n_{фр}$

$$n_{фр} = n'_{фр} = 60 \text{ хв}^{-1},$$

де $n'_{фр}$ – частота обертання фрези ГФ-41 (див. табл. 1).

Застосовуючи методи подібності, визначаємо діаметр фрези по різцях $D_{фр}$ і довжину фрези $L_{фр}$:

$$D_{фр} = D'_{фр} \cdot k_{под} = 720 \cdot 1,25 = 900 \text{ мм};$$

$$L_{фр} = L'_{фр} \cdot k_{под} = 960 \cdot 1,25 = 1200 \text{ мм},$$

де $D'_{фр}$, $L'_{фр}$ – діаметр і довжина фрези ГФ-41 (див. табл. 1); $k_{под}$ – коефіцієнт подібності для робочих органів екскаваторів, $k_{под} = 1,25$ [4].

Кількість різців, що руйнують ґрунтову поверхню, приймаємо 35, аналогічно конструкції фрезерної головки ГФ-41.

В результаті проведеного аналізу існуючих схем вбудованих мотор-редукторів, які застосовуються в конструкціях будівельних і дорожніх машин [6], прийнята кінематична схема з двома послідовно розташованими планетарними передачами з одним ступенем вільності (рис. 2).

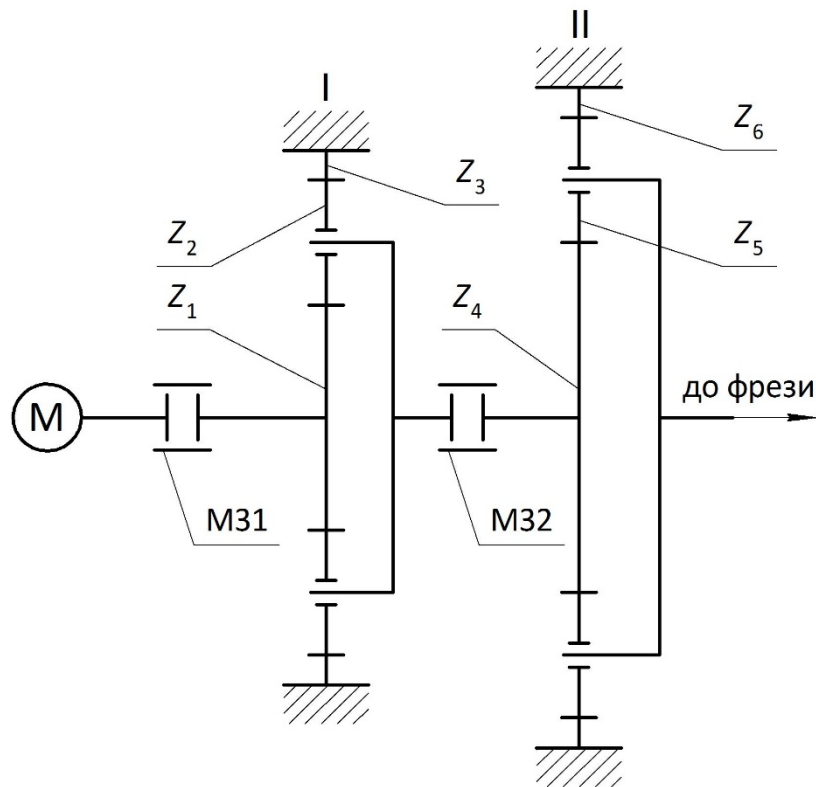


Рис. 2 – Кінематична схема редуктора приводу фрезерної головки:
I та II ступені планетарних передач; М31, М32 – зубчасті муфти

Передаточне число редуктора згідно з рекомендаціями [7] розіб'ємо:

$$i_I = 4; i_{II} = 4;$$

$$i_p = i_I \cdot i_{II} = 4 \cdot 4 = 16.$$

Кількість сателітів прийmemo $C = 4$, а кількість зубів сонячного колеса – $Z_1 = 22$ ($18 < Z_1 < 180$) [7].

Визначаємо величину γ

$$\gamma = \frac{Z_1 \cdot i_l}{C} = \frac{22 \cdot 4}{4} = 22.$$

Визначаємо кількість зубців вінця Z_3

$$Z_3 = (i_l - 1) \cdot Z_1 = (4 - 1) \cdot 22 = 66.$$

З умови співвісності визначаємо кількість зубів сателіта Z_2

$$Z_2 = \frac{Z_3 - Z_1}{2} = \frac{66 - 22}{2} = 22.$$

Перевіряємо умову складання передачі:

$$Z_1 + Z_2 = \gamma \cdot C; \quad 22 + 66 = 22 \cdot 4; \quad 88 = 88.$$

Перевіряємо зубчасті колеса за умовою сусідства:

$$Z_3 < \frac{Z_1 \cdot \left(1 + \sin \frac{\pi}{C}\right) - 4}{1 - \sin \frac{\pi}{C}}; \quad 66 < \frac{22 \cdot \left(1 + \sin \frac{180}{4}\right) - 4}{1 - \sin \frac{180}{4}}; \quad 66 < 111,3.$$

Перевіряємо передаточне число

$$i_l = 1 + \frac{Z_3}{Z_1} = 1 + \frac{66}{22} = 4.$$

Таким чином, кількість зубів коліс планетарної передачі I ступені редуктора визначено вірно. Для коліс планетарної передачі II ступені редуктора приймаємо таку ж саму кількість зубів, тобто $Z_4 = 22$; $Z_5 = 22$; $Z_6 = 66$.

Для прийнятої кінематичної схеми редуктора коефіцієнт корисної дії ступенів складає $\eta_l = \eta_{II} = 0,98$ [7]. Разом з тим, для забезпечення довговічності трансмісії та належного її функціонування під час проведення робіт на екскаваторі необхідно підтримувати оптимальний рівень рідин [8, 9].

Конструктивну масу екскаватора ЭО-5123 зі змінною фрезерною головою визначаємо за формулою

$$m_k = m_{ш} + m_{p.ob} + m_{p.o},$$

де $m_{ш}$ – маса шасі екскаватора, $m_{ш} = 29600$ кг [5]; $m_{p.ob}$ – маса робочого обладнання, для зворотної лопати $m_{p.ob} = 5030$ кг [5]; $m_{p.o}$ – маса робочого органу – змінної фрезерної головки, кг.

Масу змінної фрезерної головки визначаємо за формулою

$$m_{p.o} = m'_{p.o} \cdot k_m = 1300 \cdot 1,15 = 1500 \text{ кг},$$

де $m'_{p.o}$ – маса фрезерної головки ГФ-41 для гідравлічного екскаватора IV розмірної групи, $m'_{p.o} = 1300$ кг; k_m – коефіцієнт, що враховує зміну маси фрезерної головки в залежності від розмірної групи екскаватора $k_m = 1,15$.

Тоді у підсумку отримаємо конструктивну масу екскаватора:

$$m_k = 29600 + 5030 + 1500 = 36130 \text{ кг.}$$

Експлуатаційну масу екскаватора ЭО-5123 зі змінною фрезерною головою визначаємо за формулою

$$m_e = m_k + m_{em} = 36130 + 700 = 36830 \text{ кг,}$$

де m_{em} – маса експлуатаційних матеріалів, $m_{em} = 700$ кг [6].

Висновки. В результаті розрахунку основних параметрів фрезерної головки, що застосовується в якості змінного робочого органу для гідравлічного одноківшового екскаватора ЭО-5123, за технічними характеристиками можна підібрати гідромотор, розрахувати на міцність елементи планетарного двоступінчастого редуктора та ріжучі елементи фрези.

Застосування фрезерної головки дозволяє розширити функціональні можливості одноківшового екскаватора та, за рахунок зміни технології виконання земляних робіт [1], збільшити годинну технічну продуктивність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зозуля Є. В. Технічна і виробнича експлуатація екскаватора ЭО-5123 зі змінною фрезерною голівкою / Є. В. Зозуля, М. М. Ходневич, М. М. Балака // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2018: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 27–28 апр. 2018 г. – Днепр: Нац. горный ун-т, 2018. – С. 76–83.
2. Balaka M. Excavator with active working element / M. Balaka, E. Zozulya // Build-Master-Class-2017: International scientific-practical conference of young scientists, 28 November – 01 December, 2017: Proceedings. – Kyiv: KNUCA, 2017. – P. 269–270.
3. Сменная фрезерная головка ГФ-41 // Строительные и дорожные машины, 1990. – № 8. – С. 33.
4. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В. И. Баловнев. – М.: Высш. шк., 1981. – 355 с.
5. Раннев А. В. Одноковшовые гидравлические экскаваторы ЭО-5123 и ЭО-6122А / А. В. Раннев. – М.: Высш. шк., 1988. – 143 с.
6. Волков Д. П. Строительные машины и средства малой механизации / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. – М.: Академия, 2014. – 480 с.
7. Паламарчук Д. А. Деталі машин. Курсове проектування: навчальний посібник / Д. А. Паламарчук. – К.: «ЦП Компрінт», 2019. – 220 с.
8. Міщук Д. О. Вимоги до робочих рідин об'ємного гідроприводу / Д. О. Міщук, А. В. Бойченко, М. М. Балака // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2019: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 26–27 апр. 2019 г. – Днепр: НТУ «Днепропетровская политехника», 2019. – С. 64–73.
9. Міщук Д. О. Гідравлічні рідини для автоматичних коробок передач / Д. О. Міщук, М. М. Балака, М. М. Ходневич // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2019: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 26–27 апр. 2019 г. – Днепр: НТУ «Днепропетровская политехника», 2019. – С. 73–79.

УДК 622.625.28

ЗБІЛЬШЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ В СТІЧКОВИХ ФІЛЬТР-ПРЕСАХ

Є.А. Бологін¹, І.М. Мацюк²

¹студент гр.132-20-2 спеціальності 132 «Матеріалознавство» за напрямком освіти «Промислова естетика та сертифікація матеріалів та виробів», Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: 99egor94@gmail.com

²кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: matsiuk.i.m@nmu.one

Анотація. В роботі, проведено аналіз роботи стрічкового фільтр-пресу, та умов роботи підшипників. Розглянуто причини швидкої зношеності підшипників та встановлення зовнішнього ущільнення, як вирішення проблеми.

Ключові слова: фільтр-прес, підшипник, зовнішнє ущільнення.

INCREASING THE DENSITY OF BEARING ASSEMBLIES IN BELT FILTER PRESSES

Yegor Bolohin¹, Irina Matsyuk²

¹student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: 99egor94@gmail.com

²Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: matsiuk.i.m@nmu.one

Abstract. In the work, the analysis of the operation of the belt filter press at high motor speed and the operating conditions of the bearings is carried out. The reasons for the rapid wear of bearings and the installation of a sleeve or bearings with an external seal as a solution to the problem are considered.

Keywords: filter press, bearing, external seal.

Введення. У стрічкових фільтр-пресах, що вичавлюють вологу з твердих частинок стічних вод, виникла потреба підвищити термін роботи підшипників, які підтримують валки. Однією з ймовірних проблем, виведення із ладу підшипників є волога та шлам, які попадають у їх середину. Саме підшипники є основним витратним матеріалом на фільтр-пресах. Їх доводиться замінювати кожен рік, хоча термін роботи у них набагато більший. А ремонтні роботи по заміні можуть зайняти 1-2 робочих дні.

Мета роботи. Розглянути вплив зовнішнього ущільнення на строк служби підшипника та розглянути різні види зовнішніх ущільнень.

Матеріал и результати досліджень. Об'єктом аналізу є стрічковий фільтр-прес, виробництва компанії Phoenix. Модель WX3.0.G6 (рис. 1), який працює на збагачувальній фабриці "Свято-Варваринська".



Рисунок 1 – Стрічковий фільтр-прес WX3.0.G6

У стрічковий фільтр-прес складається із валків, на яких натягнуто дві (верхня і нижня) нескінченні ситові фільтрувальні стрічки, які поступово вичавлюють вологу з твердих частинок. Шлам поступово потрапляє в «клиноподібну» зону і в зону зсувного пресування стрічок, де відбувається поступове віджимання вологи.

Пресувальна ділянка цього фільтр-пресу складається з системи валків різного діаметру 7,125; 9,125; 11,25; 13,25; 24,5 (розміри в дюймах). Маса валків: 202; 273; 362; 445; 940 кг (маса відповідає діаметру). Довжина, кожного з валків 3350 мм. Системі надає рух мотор-редуктор FA97, виробництва компанії SEW, з максимальною потужністю 30кВт. Мотор працює за режимом роботи з потужністю 10.9 кВт, швидкістю 40 об/хв та обертальним моментом 2610 Н/м. Натяг стрічок контролюється на манометрі (480-520 кПа). Розмір частинок шламу, які проходять через фільтр – 1 мм. Фільтр-прес працює 20 годин на добу. Валки кріпляться до підшипникових вузлів які складаються з роликів підшипників 22217ЕК (рис. 2), з габаритами 85X150X36 [1]. Для змащування підшипників використовується мастило NLGI-2. Дозаправка виконується, кожні два дні в кількості 240гр в сумі на всі вузли, повна заміна мастила – 250гр на кожен вузол.

Несправність підшипника вимагає негайної уваги, оскільки вона може привести до зупинки обладнання і витрати додаткового часу на ремонт. Незаплановані відключення та простой можуть коштувати підприємству дуже дорого. Валки, що вичавлюють вологу з твердих частинок стічних вод на стрічкових фільтр-пресах, потребують надійних підшипників, які можуть витримувати великі навантаження, накладені на них тиском. Тому надзви-

чайно важливо ретельно оцінити ситуацію та визначити причини, які впливають на передчасний вихід підшипників із ладу, щоб запобігти їх повторенню.



Рисунок 2 – підшипник 22217ЕК у вузлі

Однією з основних причин зносу підшипників, є забруднення і корозія. Бруд, пісок та вода є найпоширенішими шкідливими факторами, які прискорюють вихід підшипників із ладу [2]. Вони можуть розріджувати масляну плівку, зменшуючи в'язкість мастила і викликаючи ерозію, а також можуть піддавати корозії несучі поверхні, створюючи тисячі абразивних частинок [3].

Підшипникові вузли зазвичай включають в себе вал, підшипники, корпус, мастильний матеріал, сполучені деталі. Для забезпечення чистоти мастильного матеріалу до конструкції підшипника додають ущільнення, які відіграють дуже важливу роль.

Розглянемо найбільш поширені контактні ущільнення – манжетні ущільнення валка (рис.3), які встановлюються між нерухомою частиною і деталями обертання [4]. Такі ущільнення надзвичайно ускладнюють потрапляння забруднювачів, таких як пил, бруд та волога, до внутрішніх частин підшипника. Контактні ущільнення також чудово справляються з ущільненням мастильних матеріалів всередині підшипника. Компромісом за високу герметизацію є те, що за великої швидкості в місті контакту з внутрішнім валом з'являється тертя, і тепло. Тертя та нагрівання можуть пошкодити як підшипник, так і ущільнення та призвести до передчасного руйнування деталей. Тертя також може зменшити максимальну швидкість підшипника, тому доведеться зважити потребу в характеристиках ущільнення з можливістю зносу та втрати максимальної швидкості. За невеликих обертів мотору (до 70 об/хв), контактні ущільнення підійдуть, як найкраще для захисту підшипника від потрапляння суспензії та витoku мастила з нього.

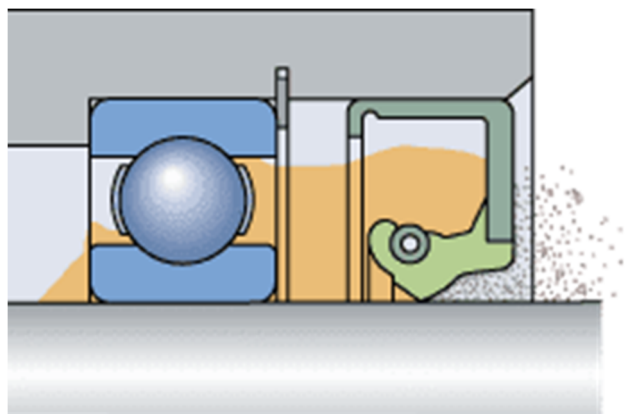


Рисунок 3 – Контактне ущільнення

Як і контактні, безконтактні ущільнення, як правило прикріплені до сталої вставки. Головна відмінність між ними полягає в тому, що безконтактні ущільнення закріплені на зовнішньому кільці і не чинять тиску на внутрішнє кільце підшипника. Хоча безконтактні підшипники не торкаються внутрішнього кільця, вони мають тонку губу, яка прилягає до нього. Ця конструкція забезпечує захист від забруднень та витоків, але не в такій мірі, як контактне ущільнення. Однак відсутність контакту з внутрішнім підшипником призводить до зменшення тертя, що може запобігти перегріванню та іншим проблемам.

Існує безліч факторів, які можуть вплинути на вибір ущільнення підшипника, такі як максимальні температури, мастильні матеріали, фізичний простір тощо. Контактні ущільнення зазвичай використовуються разом з великогабаритними підшипниками і підшипниками, що працюють у важких умовах, безконтактні в більш чистому середовищі та можуть працювати за більшої швидкості обертів валка.

Висновок. Проаналізувавши роботу стрічкового фільтр-пресу, та умови роботи підшипників, які підтримують валки, пропонуємо, для підвищення терміну роботи підшипників використовувати контактні ущільнення. Ці ущільнення захищають підшипники від потрапляння до внутрішніх частин шламу та води і таким чином можуть подовжити термін роботи підшипників стрічкового фільтр-пресу.

ЛІТЕРАТУРА

1. 22217 EK Spherical roller bearings / <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/roller-bearings/spherical-roller-bearings/productid-22217%20EK?system=metric>
2. Common Causes of Bearing Failure: Volume 3 / John / 01.31.2014 – OVERHEATING / <https://www.ritbearing.com/blog/archive/common-causes-of-bearing-failure-volume-3/>

3. Bearing Failure: Why Bearings Fail & How You Can Prevent It / IBT Inc / 07.03.2018
– 2. Contamination & Corrosion / <https://www.ibtinc.com/causes-of-bearing-failure/>
4. Types of Bearing Shields and Seals for the SMB range / <https://www.smbbearings.com/technical/bearing-closures.html>

УДК 681.932

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНОВНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ 3D ПРОТОТИПУВАННЯ В НАВЧАЛЬНИХ ЦІЛЯХ

В.В. Вишневецький¹, І.М. Мацюк², О.М. Твердохліб³

¹ст. гр. 132-18-2 спеціальності 132 «Матеріалознавство» за напрямком освіти «Промислова естетика та сертифікація матеріалів та виробів», Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: vyshnevetskyi.vv@nmu.one

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

³старший викладач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: tverdokhlib.o.m@nmu.one

Анотація. В роботі проведено теоретичні дослідження матеріалів для 3D друку та прототипування для вивчення адитивних технологій виробництва.

Ключові слова: адитивні технології, прототипування, 3D-друк, 3D-принтер, матеріали для 3D-друку, пластик ABS, пластик PLA.

BASIC MATERIALS CHARACTERISTICS ANALYSIS FOR 3D PROTOTYPING FOR EDUCATIONAL PURPOSES

Vladislav Vyshnevetskyi¹, Irina Matsyuk², Oleksander Tverdokhlib³

¹Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: vyshnevetskyi.vv@nmu.one

²Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: matsyukin@ua.fm

³Senior lecturer of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: tverdokhlib.o.m@nmu.one

Abstract. Theoretical researches of materials for 3D printing and prototyping for studying of additive technologies of production are carried out in the work.

Keywords: additive technologies, prototyping, 3D printing, 3D printer, materials for 3D printing, ABS plastic, PLA plastic.

Вступ. Спочатку адитивні технології позиціонувалися як спосіб швидкого і якісного прототипування. Лише пізніше вони стали сприйматися ще і як Надефективна методика виробництва.

Створення прототипу предмета або конструкції - один з найважливіших етапів виробництва. Саме на цій проміжній стадії дослідник, інженер або дизайнер може максимально оцінити геометрію, ергономічність і цілісність своєї розробки, перш ніж витратити значні ресурси на її виробництво. Прототипування 3D-моделей дозволяє виключити ризик неточності конструкторських і інженерних розрахунків, і, отже, зайвих витрат.

3D-друкабо «адитивне виробництво» - процес створення цілісних тривимірних об'єктів практично будь-якої геометричної форми на основі цифрової моделі. 3D-друк заснована на концепції побудови об'єкта послідовно нанесеними шарами, що відображають контури моделі. Фактично, 3D-друк є повною протилежністю таких традиційних методів механічного виробництва і обробки, як фрезерування або різка, де формування образу виробу відбувається за рахунок видалення зайвого матеріалу.

При використанні металів, термопластів, полімерних сумішей та композитів можна домогтися високої якості і функціональності, не вдаючись до класичного виробництва.

Для навчальних цілей з огляду на економічну доцільність пропонуємо використовувати PLA і ABS пластик. Вони дозволяють істотно заощадити на виготовленні тестових деталей на 3D-принтері, прискорити виробництво, поліпшити якість, а також провести підготовку фахівців для використання адаптивних технологій в майбутньому.

Мета роботи. Аналіз характеристик основних матеріалів для друку на 3D-принтері.

Матеріал і результати досліджень. На сьогоднішній день основними матеріалами для друку на 3D-принтері з спрощеного матеріалу є PLA і ABS пластик. Обидва матеріали давно зарекомендували себе на ринку і застосовуються для друку на 3D-принтері за допомогою технології пошарового нарощування матеріалу.

ABS (АБС) -пластик - пластик, утворений в процесі полімеризації таких речовин, як акрилонітріл (А) з бутадієном (В) і стиролом (S).

PLA-пластик, або як його ще називають - біопереробний пластик - це аліфатичний полієфір з мономером у вигляді молочної кислоти. Матеріалами для виробництва такого пластика є швидко поновлювані ресурси - кукурудза або цукрова тростина, тобто, крохмаль або целюлоза.

ABS-пластик (Акрилонітрілбутадієнстірол, АБС) - ударостійкий термопластик, який завоював високу популярність в промисловості і в адитивному виробництві.

Механічні та фізичні властивості ABS-пластика (табл. 1) обумовлюють можливість застосування цього матеріалу для створення всіляких об'єктів, що мають практичну цінність. ABS-пластик широко застосовується в автомобільній, медичній та сувенірній промисловості, у виробництві спортивного інвентарю, сантехніки, банківських карт, меблів, іграшок та ін.

Відносно невисока вартість ABS-пластика і порівняльна легкість використання в якості витратного матеріалу привели до високої популярності ABS в 3D-друку. ABS-пластик є одним з найбільш популярних матеріалів для друку методом пошарового наплавлення (FDM / FFF).

Таблиця 1 – Технічні характеристики ABS-пластика

Температура плавлення	230-260 ° C
температура розм'якшення	90-105 ° C
Твердість (по Брінеллю)	90-150МПа
Відносне подовження при розриві	10-25%
Міцність на вигин	50-87 МПа
Міцність на розрив	35-50 МПа
Модуль пружності при розтягуванні	2500 МПа
густина	1,02-1,08 г / см ³
точність друку	0,1%
Усадка при виготовленні виробів	до 0,8%
Вологопоглинання	0,2-0,4%

Основні переваги ABS-пластика:

- вологостійкість;
- кислотостійкість;
- маслостійкість;
- теплостійкість;
- нетоксичність при відносно низьких температурах і відсутності спирту;
- ударостійкість;
- еластичність;
- можливість легкої механічної обробки;
- доступна цінаю.

Труднощі друку ABS-пластиком полягає в тому, що він має досить високу схильність до усадки (втрати обсягу при охолодженні). Через це властивості можливе утворення деформацій і розшарування моделей. Однак більшість сучасних 3D-принтерів оснащені підігрівом столом, що знижує ймовірність деформації. Так само існують 3D-принтери закритого типу.

PLA-пластик (Полілактид, ПЛА) - є біорозкладаним, біосумісним, термопластичним аліфатичним поліефіром, структурна одиниця якого - молочна кислота. PLA-пластик виробляють з кукурудзи або цукрового очерету. Також сировиною служать картопляний і кукурудзяний крохмаль, соєвий білок, крупа з бульб маніока, целюлоза. На сьогоднішній день полілактид активно використовується в якості витратного матеріалу для друку на 3D-принтерах.

Таблиця 2 – Технічні характеристики PLA-пластика

Температура плавлення	173-178 ° C
температура розм'якшення	50 ° C
Твердість (по Роквеллу)	R70-R90
Відносне подовження при розриві	3,8%
Міцність на вигин	55,3 МПа
Міцність на розрив	57,8 МПа
Модуль пружності при розтягуванні	3,3 ГПа
Модуль пружності при згині	2,3 ГПа
температура склування	60-65 ° C
густина	1,23-1,25 г / см ³
точність друку	0,1%
Усадка при виготовленні виробів	немає
Вологопоглинання	0,5-50%

Основні переваги PLA-пластика:

- нетоксичний;
- при друку немає необхідності в нагрітій платформі;
- немає усадки;
- низька температура плавлення;
- підходить для рухомих частин і механічних моделей.

Мінусом PLA-пластика є його недовговічність. PLA-пластик рекомендується використовувати для прототипів і виробів, що не передбачається експлуатувати тривалий час (декоративні об'єкти, вироби що вимагають ретельної деталізації)

Висновки. Виготовлення моделі на 3D-принтері з спрощеного матеріалу (який не є кінцевим) - це оптимальне рішення при розробці продукту для навчання фахівців. Ви зможете протестувати зразок, перевірити його функціональні властивості і складальну відповідність, провести презентацію, а також навчити майбутніх фахівців сучасним технологіям.

ЛІТЕРАТУРА

1. Як и навіщо вінайшли 3D-друк [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://thefuture.news/3dprinting>.

2. Abeliatsky, A. (2019). 3D printing, international trade and FDI. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2019.10.014>
 3. All3DP World's # 1 3D Printing Magazine STL - File Format for 3D Printing - Simply Explained [Electronic resource]. Available at: <https://all3dp.com/what-is-stl-file-format-extension-3d-printing>
 4. Garret B., Redwood B., Schoffer F. The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications, November 14 2017.
 5. The 3D printing technologies [Electronic resource]. Available at: <https://www.aniwaa.com/3dprinting-technologies-and-the-3d-printing-process>.
 6. Yusuf B. 3D Printing Technology Guide - Types of 3D Printing Explained [Electronic resource]. Available at: <https://all3dp.com/1/types-of-3d-printers-3d-printing-technology>.
 7. 3D Printing Beta. (2020). Print quality-Differences between moving build plate vs. extruder-3D printing stack exchange. Retrieved July 28, 2020 року, from <https://3dprinting.stackexchange.com/questions/1361/differences-between-moving-build-plate-vs-extruder>.
 8. Flynt, J. (2019). 3D printing fashion: Advantages, disadvantages, and future-3D insider. Retrieved July 27, 2020 року, from <https://3dinsider.com/3d-printing-fashion/>.
- Air Cargo News. (2018). "3D printing poses a risk to 2% -4% of airfreight volumes". 26 September 2018. Retrieved from: <https://www.aircargonews.net/region/europe/3d-printing-poses-a-risk-to-2-4-of-airfreight-volumes/>.

УДК 621.746.6:669.046.516.4:669.715

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНОЇ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЯКОСТІ ВТОРИННИХ ЛИВАРНИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ЗАЛІЗА

Ю.В. Доценко¹, В.Ю. Селівьорстов²

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: yvd160574@gmail.com

²доктор технічних наук, професор кафедри ливарного виробництва, Національна металургійна академія України, м. Дніпро, Україна, e-mail: seliverstovvy@gmail.com

Анотація. В роботі проаналізовано вплив комплексної технології на властивості циліндричних виливків з ливарного алюмінієвого сплаву АК7 з підвищеним вмістом заліза. Наведено результати досліджень механічних властивостей.

Ключові слова: алюмінієвий сплав, виливок, модифікування, механічні властивості, кристалізація.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF COMPREHENSIVE RESOURCE SAVING TECHNOLOGY FOR IMPROVING THE QUALITY OF SECONDARY FOUNDRY ALUMINUM ALLOYS WITH HIGH IRON CONTENT

Yuri Dotsenko¹, Vadim Seliverstov²

¹Ph.D., Associate Professor of Design, Technical Aesthetics and Design. National Technical University "Dnipro Polytechnic", Dnipro, Ukraine, e-mail: yvd160574@gmail.com

²Ph.D., professor of the department of foundry production. National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, Ukraine, e-mail: seliverstovvy@gmail.com

Abstract. The paper analyzes the influence of complex technology on the properties of cylindrical castings from cast aluminum alloy AK7 with high iron content. The results of researches of mechanical properties are resulted.

Keywords: aluminum alloy, casting, modification, mechanical properties, crystallization.

Вступ. Підвищений вміст заліза в сплавах системи Al-Si є причиною різкого зниження механічних і експлуатаційних властивостей виливків. Фази, які містять залізо (FeAl_3 , Al_2SiFe , $\text{Al}_4\text{Si}_2\text{Fe}$, Al_5SiFe і ін.), як правило, мають грубокристалічну будову і тому негативно впливають, в першу чергу, на відносне подовження сплаву.

Нейтралізація шкідливого впливу заліза на властивості сплавів можлива за умови отримання залізовмісних фаз в компактному вигляді, що досягається легуванням, модифікуванням, а також використанням зовнішніх впливів на розплави (електричні і магнітні поля, високотемпературні перегріву, ультразвук) [1-5]. Експериментальні і теоретичні дослідження щодо впливу зовнішніх впливів на розплави в період плавки і в процесі кристалізації показали, що вони дозволяють істотно подрібнити структурні складові сплавів з відповідним підвищенням технологічних і механічних властивостей.

Мета роботи. Дослідження впливу технології комплексної обробки на механічні властивості виливків зі сплаву АК7ч з підвищеним вмістом заліза при кристалізації його в кокілі.

Матеріал і результати досліджень. Мала розчинність заліза в алюмінії призводить до того, що вже при тисячних частках відсотка і низьких температурах з'являється нова фаза FeAl_3 . Ця фаза, як вважають останнім часом, є однією з винуватиць високої стійкості та спадковості литої структури алюмінію і його сплавів, коли дендритну будову можна спостерігати навіть після дуже високих ступенів пластичної деформації (50-90%) і подальшого рекристалізаційного відпалу. Залізо зменшує електропровідність і хімічну стійкість алюмінію і його сплавів. Залізо спільно з кремнієм в алюмінієвих сплавах

утворює евтектику з твердого розчину на основі алюмінію і кристалів FeSiAl_5 , яка має форму китайських ієрогліфів. Для нейтралізації шкідливого впливу заліза в сплави вводять марганець, берилій, церій, хром, ванадій, нікель та інші перехідні метали, які пригнічують утворення β -фази і сприяють виділенню більш складних фаз (Al-Mn-Fe-Si , $\text{Al}_7\text{Fe}_3\text{Be}_7$), що кристалізуються в компактній формі, наприклад фаза Be_3SiFe має округлу форму, а фаза $\text{Al}_8\text{Si}_6\text{Mg}_3\text{Fe}$ виділяється у вигляді тонких прожилок скелетоподібної форми [1, 4, 5].

Одним з перспективних способів впливу на морфологію залізовмісних фаз в процесі кристалізації є обробка розплаву електричним струмом. Однак, механізм фізико-хімічного впливу електричного струму на процес кристалізації досліджений недостатньо як в експериментальному, так і теоретичному плані. Наявні дані носять уривчастий характер і часто суперечать один одному [4].

У виробничих умовах також застосовують профілактичні заходи з метою виключення контакту сталевих і чавунного плавильно-заливного інструменту, тиглів з алюмінієвим розплавом і насиченням його залізом, причому головна складність отримання якісного покриття чавунних і сталевих тиглів - забезпечення необхідної стійкості покриття та його механічної міцності. Для виключення контакту чавунних або сталевих тиглів розроблені спеціальні склади, способи виготовлення і нанесення, наприклад «Покриття жаростійкого для чугунних і сталевих тиглей» ТУ 100196035.006 - 2001, дія яких заснована на незмочуваності і хімічній нейтральності покриттів до рідкого алюмінію [5].

Залізовмісні фази мають ковалентний тип міжатомних зв'язків, що обумовлює їх спрямованість при кристалізації. Для зменшення анізотропії силових полів валентних електронів в зародку, що утворюється при кристалізації, необхідно змінити характер міжатомної взаємодії [1].

Один з можливих варіантів зміни форми і розмірів включень фаз з ковалентним типом міжатомних зв'язків - введення в розплав домішок, атоми яких, розчиняючись в зростаючому кристалі, послаблюють ковалентну складову зв'язку між його атомами, і тим самим зменшують орієнтуючу дію кристалу на дотичну з ним рідку фазу. Встановлено, що подрібнення залізовмісних фаз спостерігається після легування розплаву марганцем, хромом, молибденом і додаткової обробки розплаву елементами VI групи - сіркою, селеном і телуrom [1].

Модифікування залізовмісної фази сіркою або телуrom при співвідношенні, %, $\text{Fe/Mn} = 2/1$ сприяє збільшенню кількості фази з гексагональною

граткою і супроводжується деякою зміною її параметра, а включення наближаються до правильних многогранників. При цьому добавки сірки і телуру концентруються в компактних включеннях β_H -фази.

Ефективний спосіб зміни морфології фаз, що кристалізуються - це затвердіння їх в різко нерівноважних умовах [3]. В результаті створюються умови для подрібнення зерна, значного розширення розчинності в твердому стані, пригнічення росту грубих включень первинних інтерметалідів. Тому доцільно використовувати такий процес затвердіння для усунення формування грубих первинних залізовмісних фаз. Причому, якщо забезпечити дрібнодисперсне їх формування, то вони зможуть виступати в якості зміцнюючої фази.

Описані нижче експериментальні дослідження проводили у виробничих умовах ВАТ «Дніпропетровський агрегатний завод». Розплав АК7ч готували в електричній печі опору САТ-0,25. Розплав при температурі 993 К заливали в сталевий витряхний кокіль, підігрітий до температури 523 К. Виготовляли три циліндричних виливки (висота 500 мм, діаметр 150 мм) за наступними режимами:

- 1 - без обробки;
- 2 - з попередньої деформацією чушки (ступінь деформації 25%) при температурі 573 К;
- 3 - з попередньою деформацією чушки (ступінь деформації 25%) при температурі 573 К і додаванням 0,2% модифікатора («Таблетка дегазующая с модифицирующим эффектом комплексная для доэвтектических и эвтектических сплавов» ТУ РБ 14744129.004-98» ТУ РБ 14744129.004-98).

Хімічний склад дослідного сплаву АК7ч наведено в таблиці 1.

Таблица 1 - Хімічний склад дослідного сплаву АК7ч

Al	Si	Fe	Mn	Ti	Mg
Основа	6.51	0.55	0.45	0.15	0.35

У таблиці 2 наведені результати випробувань по визначенню механічних властивостей металу виливків зі сплаву АК7ч, отриманого з застосуванням комплексної технології.

Таблиця 2 - Механічні властивості металу виливків зі сплаву АК7ч до і після застосування комплексної технології

№	Межа міцності (σ_B), МПа	Відносне подовження (δ), %	Твердість (НВ)
1	165	2,2	501
2	182	2,5	503
3	201	3,6	504

За даними, що наведені в таблиці 2 видно, що застосування комплексної технології дозволило підвищити механічні властивості виливків: по режиму 2 - на 10-12%, по режиму 3 - на 20-30%.

Висновок. Проаналізовано вплив комплексної технології на рівень механічних властивостей виливків зі сплаву АК7ч з підвищеним вмістом заліза при литті в кокіль.

В результаті проведених досліджень вдалося досягти зміни форми і розмірів залізовмісної фази, підвищити рівень механічних властивостей на 10-30%.

Комплексна обробка, що включає деформаційну обробку шихти, модифікування і кристалізацію в нерівноважних умовах дозволила різко знизити негативний вплив заліза і як наслідок підвищити рівень експлуатаційних властивостей виливків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Немененок, Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов [Текст] / Б.М. Немененок - Мн. Технопринт, 1999. – 272 с.
2. Возможность использования комплексного модификатора длительного действия на основе нанопорошков длительного действия для повышения качества отливок из алюминиевых сплавов [Текст]: Новые материалы и технологии в машиностроении-2005. Сб. трудов IV Международной научно-технической конференции. / Брянск: БГИТА - 2005. – С. 17 –23.
3. Селиверстов, В.Ю. Перспективы применения комбинированных способов управления структурообразованием литого металла [Текст] / В.Ю. Селиверстов, Ю.В. Доценко / Вісник ДДМА. - 2009. - № 1 (15). – С.267-273.
4. Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях [Текст]/ А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, С.В. Момот, В.Н. Амитан. - Д.: Издательство «ВИК» - 2002. - 169 с.
5. Ефимов, В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов [Текст] / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1995. – 272 с.

УДК 621.746.6:669.046.516.4:669.715

РЕСУРСОБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДИФІКУВАННЯ ТА ВПЛИВУ ТИСКОМ В ПРОЦЕСІ ЗАТВЕРДІННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ВИЛИВКІВ ІЗ ЛИВАРНОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ Al-Si

Ю.В. Доценко¹, В.Ю. Селівьорстов², К.В. Загуба³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну. Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: yvd160574@gmail.com

²доктор технічних наук, професор кафедри ливарного виробництва. Національна металургійна академія України, м. Дніпро, Україна, e-mail: seliverstovvy@gmail.com

³студент групи 132ск-20, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

Анотація. Проведено аналіз сучасних модифікаторів, які використовують для обробки сплавів системи Al-Si та методів впливу на розплав, що кристалізується. Показані їх переваги та недоліки. Приведені результати дослідження впливу змінного газового тиску та модифікування на структуроутворення металу виливків із сплаву A356.

Ключові слова: модифікування, газодинамічний вплив, ливарний сплав, виливок, технологія, механічні властивості.

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF MODIFICATION AND THE EFFECT OF PRESSURE DURING SOLIDIFICATION ON THE PROPERTIES OF CASTINGS FROM A CAST ALLOY SYSTEMS Al-Si

Yuri Dotsenko¹, Vadim Seliverstov², Konstantin Zaguba³

¹Ph.D., Associate Professor of Design, Technical Aesthetics and Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: yvd160574@gmail.com

²Ph.D., Dr., professor of the department of foundry production. National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, Ukraine, e-mail: seliverstovvy@gmail.com

³Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. The analysis of the current modifiers, which are used for processing of alloys of the system Al-Si and methods of influence on the crystallizing melt. Shown their advantages and disadvantages. Results of research of influence of an alternating gas-dynamic pressure and modifying the structure of metal castings of alloy A356.

Keywords: modification, gas-dynamic effects, foundry alloy, casting, technology, and mechanical properties.

Вступ. Властивості литого металу залежать від цілого ряду чинників різної значущості. Тому розробка досить універсальних технологічних процесів, спрямовано на зниження непродуктивних втрат металу з одного боку, і

на підвищення його якості - з іншого, незмінно є актуальним завданням технологів і дослідників.

Одним з найбільш поширених засобів досягнення цієї мети є модифікування. Крім того, до методів активної дії на формування структури злитків та виливків можна віднести процеси, пов'язані із застосуванням тиску, введенням в розплав пружних коливань, дії концентрованими джерелами енергії [1-7]. При цьому, вказані процеси мають, зокрема, певну технологічну специфіку, свої переваги і недоліки.

Мета роботи. Аналіз способів сумісної дії на твердіючий розплав тиску і обробки модифікуючим препаратом.

Матеріал і результати досліджень. У теперішній час все більше застосування в якості модифікаторів ливарних сплавів набувають ультрадисперсні порошки хімічних сполук (в тому числі нанопорошки), які виконують роль додаткових центрів кристалізації при первинній кристалізації.

У роботі [8] досліджували можливість застосування комплексного модифікатора системи Al-Sr-Ti-B у вигляді нанопорошків, одержаних з лігатури цієї системи методом електроерозійного диспергування у вуглецьвмісних середовищах (газ, трансформаторне масло). Механічні властивості сплаву, модифікованого комплексним модифікатором Al-Sr-Ti-B, на основі нанопорошку виявилися вищими, ніж у сплаву, модифікованого звичайним модифікатором Al-Sr-Ti-B. Значення межі міцності і відносного подовження сплаву, обробленого модифікатором на основі нанопорошку, складало для зразків відлитих в кокіль 380-400 МПа і 6%, а для вирізаних з виливків - 280-320 МПа і 7%. Показники зберігалися при тривалому вистоюванні розплаву (до 2 год.).

Одним з ефективних способів впливу на метал, що кристалізується, є, зокрема, газодинамічна дія [9, 10]. При здійсненні такого процесу до моменту початку подачі газу на поверхню робочої порожнини ливарної форми повинен сформуватися шар твердого сплаву такої товщини, який може забезпечити герметичність системи аж до повного затвердіння виливка.

Також до методів обробки металу, що кристалізується, які знайшли практичне застосування, відносяться методи, що використовують введення в розплав пружних коливань.

Всі види вібраційної обробки твердіючих розплавів характеризуються наступними особливостями: наявністю макроконцентрацій об'ємів металу і його перемішуванням, виникненням пружних коливань в розплаві і переміщенням мікрооб'ємів розплаву, виникненням і розвитком кавітації. Механізм подрібнення первинного зерна при вібраційній обробці можна звести

до наступних основних процесів [11, 12]: гетерогенному і гомогенному зародженню центрів кристалізації, руйнуванню дендритів, активації тугоплавких домішок, що стають центрами кристалізації.

Наявність макроконцентрацій об'ємів металу сприяє розподілу центрів кристалізації. Основним механізмом подрібнення зерен є руйнування дендритів під дією вигинаючих напруг. При низьких частотах головною складовою є сила опору дендриту потоку в'язкої рідини, що коливається біля нього. При підвищенні частоти коливань (ультразвукові коливання) до цієї сили додається інерційна сила, обумовлена різницею щільності твердого дендриту і оточуючої його рідини. При ще більших частотах виникає так званий акустичний вітер - направлений рух рідини, обумовлений виникненням різниці тиску у напрямі випромінювання.

Низькочастотна вібрація, вживана на практиці, характеризується частотою до 200 Гц і амплітудами, що, в основному, не перевищують 2-3 мм. Наявність в металі, що кристалізується, хвиль стиснення і розтягування, може призводити до розвитку кавітації. Цим пояснюється інтенсивна дегазація металу і значне поліпшення макроструктури злитків киплячої сталі - збільшення товщини скоринки і зміни зони розташування вторинних міхурів.

Ефективність перемішування макрооб'ємів незначна. Тому невелика і можливість впливу макропотоків на руйнування кристалів на фронті кристалізації. На ефективність застосування вібраційної обробки сплавів впливають місце і напрям вібраційного імпульсу, розміри, питома вага і міжфазні властивості неметалічних включень, плаваючих кристалів, твердих частинок тугоплавких оксидів, карбідів, інтерметалідів і інших монодисперсних частинок. Наприклад, під впливом однієї і тієї ж хвилі плаваючі кристали і центри кристалізації, що мають більшу питому вагу, ніж середовище, завжди рухатимуться до межі твердіння, а неметалічні включення - в протилежному напрямі. Практикою підтверджується тільки вплив низькочастотної вібрації на подрібнення мікроструктури злитків і виливків. Позитивного впливу на зниження зональної ліквідації і хімічної неоднорідності при режимах обробки, що застосовувалися, не спостерігається [1, 7].

До головних особливостей обробки розплавів ультразвуковими коливаннями можна віднести: виникнення і розвиток кавітації і акустичних потоків в об'ємі оброблюваного розплаву; порівняно невисоку енергію ультразвуку, що трансформується в могутні ударні хвилі поблизу бульбашок, що закриваються, які, впливаючи на рідку фазу і двофазну зону, викликають диспергування кристалів, зародження центрів кристалізації і активацію твердих частинок; створення направленої акустичного потоку [2, 4, 11]. До недоліків ультразвукової дії на розплав можна віднести: малу амплітуду коливань,

яка менше величини контактних зазорів між виливком і формою, що викликає необхідність введення ультразвукових коливань безпосередньо в розплав; розсіювання ультразвукових хвиль в невеликому об'ємі поблизу хвилеводу, що не дозволяє обробляти значні об'єми металу; важкі умови роботи занурених в розплав хвилеводів, обумовлюючих їх низьку стійкість, а також їх ерозію, що викликає небезпеку забруднення розплаву.

Через вказані причини ультразвукова обробка знайшла застосування при порівняно невеликих розмірах форми, при безперервному розливанні алюмінію та інших легкоплавких сплавів, а також при отриманні ряду сплавів з особливими властивостями в процесах вакуумно-дугової плавки, електрошлакової переплавки, зонної плавки [4]. Ультразвукову енергію при використанні в цих технологіях проводять через тверду підставу злитка.

Важливою особливістю методу дії на розплав джерелами концентрованої енергії є велика потужність енергії, що виділяється, в порівняно короткий проміжок часу. Це призводить до виникнення ударної хвилі. Електрогідроімпульсна обробка призводить до прискорення процесу кристалізації металу, зона транскристалізації зменшується в 2-4 рази. Розміри разорієнтованих дендритів зменшується в 2-5 разів. Проте, амплітуда коливань вихідних ланок звичайно незначна, ефект обробки залежить від якості контакту робочого органу з оброблюваною поверхнею. Використання системи бічних розрядних пристроїв в системі «стінка виливниці - затверділий шар – розплав» пов'язано з високими втратами механічної енергії та звуженням спектру частот, що генеруються [2].

У лабораторії сучасних матеріалів Аріельського університетського центру були проведені дослідження впливу змінного газового тиску на структуроутворення металу виливків із сплаву А356. Результати лабораторних досліджень показали підвищення механічних властивостей литого металу і зниження шпаристості циліндричних виливків із сплаву А356 діаметром 50 мм та висотою 100 мм. У порядок технологічних операцій виготовлення виливка були включені наступні етапи: проведення рафінування (препарат DEGASAL T 200 і модифікування нанопорошком TiCN, введення в робочу порожнину форми пристрою для подачі газу оригінальної конструкції, витримка виливка з пристроєм протягом заданого проміжку часу, подача газу (аргону) з початковими показниками тиску 0,15 - 0,2 МПа, подальше нарощування тиску до 1,3 - 1,4 МПа і витримка під тиском до повного твердіння виливка. Приведені дані свідчать про те, що в результаті газодинамічної дії та модифікування вдалося подрібнити структурні складові, внаслідок чого збільшилися на 20-25% пластичні властивості литого металу і на 8-12 % збільшилася його щільність.

Висновок. Вплив газодинамічної дії і модифікування на розплав дозволяє добитися стійкого ефекту подрібнення структурних складових, зниження газової шпаристості та підвищення механічних властивостей виливків.

Дані проведених досліджень показали, що при використанні сумісної дії на метал, що кристалізується, для отримання необхідних властивостей виливків можливе зниження кількості вживаного модифікуючого препарату, температури розплаву та часу його обробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях [Текст] / А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, С.В. Момот, В.Н. Амитан. - Д.: Издательство «ВИК» - 2002. - 169 с.
2. Ефимов, В.А. Перспективы развития работ по применению внешних воздействий на жидкий и кристаллизующийся расплав [Текст] / В.А. Ефимов. - Киев: Изд. ИПЛ АН УССР. - 1983. - С. 3-65.
3. Немененок, Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов [Текст] / Б.М. Немененок - Мн. Технопринт, 1999. - 272 с.
4. Скворцов, А.А. Влияние внешних воздействий на процесс формирования слитков и заготовок [Текст] / А.А. Скворцов, А.Д. Акименко, В.А. Ульянов - М.: Металлургия, 1995. - 272 с.
6. Ефимов, В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов [Текст] / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. - М.: Металлургия, 1995. - 272 с.
6. Эльдарханов, А.С. Процессы кристаллизации в поле упругих волн [Текст] / А.С. Эльдарханов. - М.: Металлургия, 1996. - 256 с.
7. Скребцов, А.М. О некоторых возможностях измельчения зерна металла отливки при внешнем воздействии на затвердевающий расплав [Текст] / А.М. Скребцов, Л.Д. Дан, А.О. Секачев и др. // Металл и литье Украины. 1996. - № 1-2. - С.30-34.
8. Борисов, Г.П. Давление в управлении литейными процессами [Текст] / Г.П. Борисов. - К.: Наукова думка, 1988. - 271 с.
9. Абрамов, О.Б. Кристаллизация металлов в ультразвуковом поле [Текст] / О.Б. Абрамов. - М.: Металлургия, 1972. - 256 с.
10. Пилюшенко, В.Л. Влияние виброимпульсного воздействия на условия затвердевания стали [Текст] / В.Л. Пилюшенко, А.Н. Смирнов. - В кн.: Черная металлургия. Наука - технология - производство. М.: Металлургия, 1989. - С. 162-171.
11. Ульянов, В.А. Кинетика формирования стальных слитков при пассивных и активных внешних воздействиях [Текст] / В.А. Ульянов, Е.М. Китаев, А.А. Скворцов. // Процессы литья. - 1993, №4. - С.38-43.
12. Скребцов, А.М. Формирование структуры и конуса осаждения слитка или отливки при внешнем воздействии на поверхность расплава [Текст] / Л.А. Дан, В.Б. Килочкин // Металл и литье Украины. - 1994. - №7-8. - С.5-9.

УДК 624.132.3

АДАПТИВНА УСТАНОВКА ДЛЯ РОЗКРИВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВІДІВ

С.І. Лисак¹, В.Ю. Репін²¹магістр, викладач спецдисциплін, e-mail: sergej-lysak@ukr.net²магістр, викладач спецдисциплін, e-mail: repin0287@gmail.com^{1,2} Миколаївський будівельний коледж КНУБА, Миколаїв, Україна

Анотація. У роботі розглядаються актуальність та технічні аспекти розробки адаптивного робочого обладнання машини для розкривання підземних трубопроводів, що використовується під час їх капітального ремонту. Приведені підходи до математичного розрахунку оптимальних основних параметрів машини.

Ключові слова: ремонт, трубопровід, траншея, ґрунт, ківш.

ADAPTIVE EQUIPMENT FOR OPENING OF UNDERGROUND PIPELINES

Sergiy Lysak¹, Vladislav Repin²¹Master, teacher of special disciplines, e-mail: sergej-lysak@ukr.net²Master, teacher of special disciplines, e-mail: repin0287@gmail.com^{1,2} Mykolayiv building college KNUCA, Mykolayiv, Ukraine

Abstract. The relevance and technical aspects of the development of adaptive working equipment of the machine for opening underground pipelines used during their overhaul are considered in the work. Approaches to the mathematical calculation of the optimal basic parameters of the machine are given.

Keywords: repair, pipeline, trench, ground, bucket.

Вступ. Надійність трубопровідного транспорту України є надзвичайно важливим показником стабільності забезпечення західноєвропейських країн паливо-енергетичними ресурсами. Зважаючи на те, що система магістральних трубопроводів найбільш активно розвивалась у 1960...1980 роках, суттєва частина їх експлуатується із значним перевищенням терміну служби [1]. Внаслідок цього знижується експлуатаційна надійність магістральних трубопроводів, яка залежить від проведення своєчасного і якісного капітального ремонту.

Враховуючи старіння та високий знос основних фондів нафтогазотранспортних систем необхідно терміново вирішувати задачі в області діагностування та капітального ремонту лінійної частини трубопроводів, що дозволить суттєво підвищити надійність і безпеку роботи трубопровідних магістралей [2].

На експлуатаційну надійність підземних трубопроводів значно впливає корозія ізоляційного покриття, що виникає внаслідок інтенсивних процесів старіння. Зазвичай це приводить до частих аварій та зупинок при перекачуванні нафтопродуктів споживачам.

Нова технологія капітального ремонту передбачає відновлення працездатності без підйому труби із ґрунтового ложа по всій довжині ремонтної ділянки. Ремонт здійснюється шляхом застосування комплексу технологічно пов'язаних між собою спеціальних землерийних машин. Спочатку виконують розробку верхнього шару ґрунту, потім машиною із двохсекційним робочим органом [3] розкривають трубопровід зверху та по обидва боки. Для вільного проходження очисної та ізоляційної установки здійснюють видалення масиву ґрунту з-під трубопроводу додатковою підкопувально-роторною машиною. Після цього спеціальна підбивна машина ущільнює ґрунт під відновленим трубопроводом.

На практиці залучення значного парку технологічних машин для ремонту трубопроводів потребує значних фінансових вкладень, оскільки збільшуються витрати на перебазування техніки та її експлуатацію. Тому, розширення функціональних можливостей технічних засобів шляхом модернізації їх конструкції приведе до підвищення темпів виконання робіт та зменшення собівартості капітального ремонту трубопроводу. Це передбачає виконання однією машиною декількох операцій, що в свою чергу потребує детальної конструктивної розробки її улаштування.

Мета роботи полягає у розробці конструкції установки для повного розкривання магістрального трубопроводу за його периметром. Для цього необхідна адаптація конструктивних елементів машини для гарантованої розробки ґрунту по обидва боки від труби та його механізованого видалення з-під неї.

Матеріал і результати досліджень. У теперішній час застосовуються машини для розкривання трубопроводу [4, 5], що містять два приводні ланцюгові робочі органи, які розміщені паралельно один до одного і розробляють ґрунт зверху та по обидва боки від труби. Аналогічно можуть застосовуватись і роторні траншеєкопачі [6, 7]. Але у будь-якому із цих варіантів необхідно застосовувати додаткову техніку для підкопування трубопроводу, оскільки під ним залишається не розробленим ґрунт.

Ланцюговий траншейний екскаватор за технічними рішеннями [8, 9] здійснює перекидання осі траншеї в її забої нижніми частинами секцій, що забезпечує обвалення ґрунту під трубою. Недоліком є значна глибина траншеї, яка утворюється після проходження машини. Погіршується також стійкість екскаватора у транспортному та робочому положеннях, оскільки ланцюгові секції мають значну довжину.

У подальшому запропоновано нову конструкцію (рис. 1), яка забезпечує повне розкривання трубопроводу за його периметром при мінімальних параметрах перерізу траншеї [11]. Розробка траншеї з мінімальним перерізом супроводжується меншими питомими енерговитратами та покращенням стійкості машини.

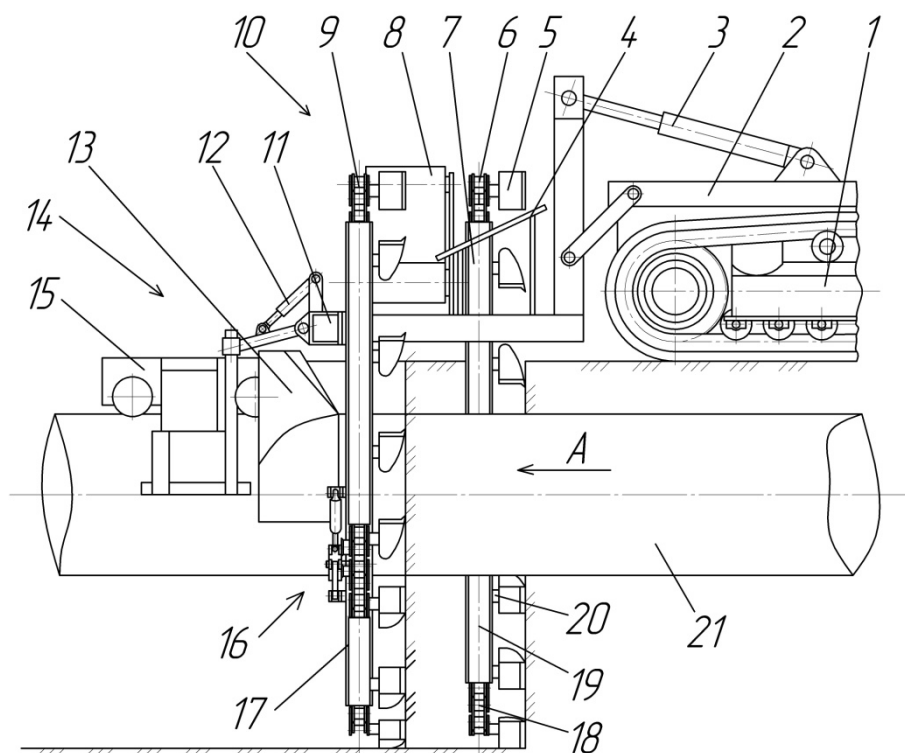


Рис.1. – Установка для розкривання підземних трубопроводів з адаптованим робочим органом, вид збоку

Установка для розкривання підземних трубопроводів складається з базової машини 1, що переміщується вздовж трубопроводу 21 та робочого обладнання 10, яке шарнірно приєднане до рами 2 базової машини 1.

Адаптоване робоче обладнання 10 включає в себе встановлені вертикально до дна забою та повздовжньої осі труби 21 дві ланцюгові багатоковшеві секції 6, 9. Рама кожної з секцій 6, 9 складається з верхньої 7 та нижньої 19 частин, що з'єднані шарніром 22 (рис. 2). Для підкопування трубопроводу 21 нижня частина рами 19 секцій має можливість повороту в площині, що перпендикулярна поздовжній площині руху базової машини 1 відносно нерухомо закріпленої верхньої частини рами 7 за допомогою механізму повороту 16.

Для запобігання повороту ковша 5 у результаті потрапляння на зустрічну перешкоду та контакту з ковшем протилежної сторони у забої, ланцюг 18 переміщується в жорстких направляючих 17, за виключенням ділянки, де

здійснюється поворот нижньої частини рами 19. Площина обертання ковшового ланцюга 18 перпендикулярна повздовжній осі трубопроводу 21. Ковші 5 жорстко закріплені на торцевих пластинах ланцюга 18 за допомогою кронштейнів 20.

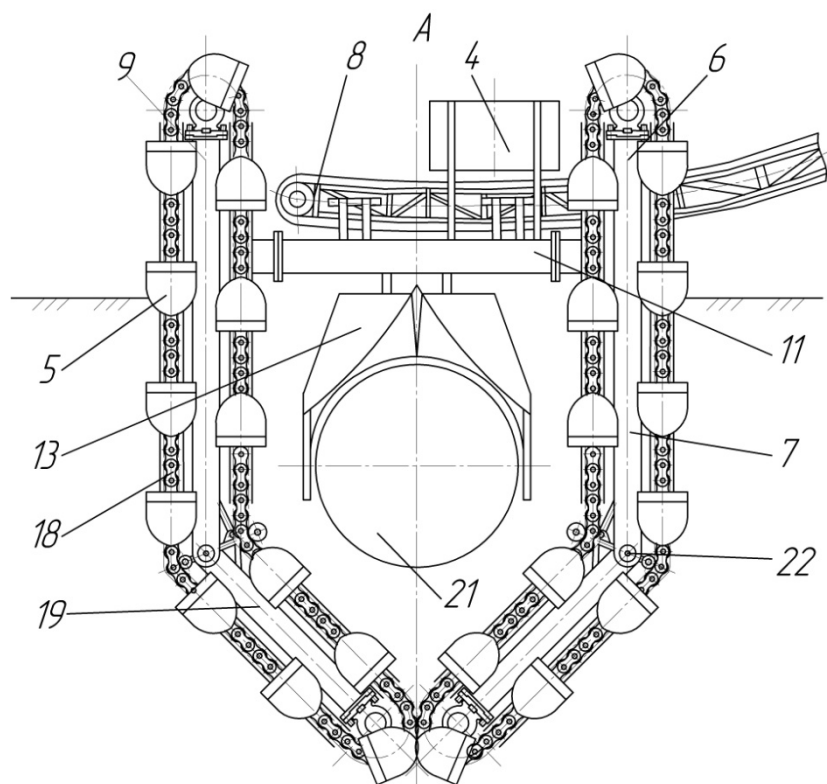


Рис. 2. – Багатоковшевий адаптований робочий орган поперечного копання, вид А на рис. 1

Ланцюгові багатоковшеві секції 6, 9 зміщені одна відносно одної в повздовжньому напрямку для запобігання контакту нижніх частин рам 19 під трубопроводом 21 при підкопуванні та перекриванні осі траншеї. Ковші 5 секції 9 розвантажують розроблений ґрунт при огинанні ланцюгом 18 приводної зірочки на транспортер 8, а ковші 5 секції 6 розвантажують розроблений ґрунт аналогічним чином на приймально-передавальну пластину 4 [12], звідки ґрунт подається на транспортер 8 і відвантажується у бруствер. Для контролю за положенням робочого органу 10 відносно трубопроводу 21 машину оснащено слідкуючим засобом 14.

На початку роботи робоче обладнання 10 та слідкуючий засіб 14 встановлюють над попередньо розкритим трубопроводом 21. Гідроциліндрами 3 опускають підйомно-опускную раму 11 доки ланцюгові секції 6, 9 не розмістяться вертикально до дна забою та повздовжньої осі труби 21. Гідроциліндрами 12 опускають важіль та встановлюють візок 15 на трубопровід 21.

Механізмами повороту 16 повертають нижні частини рами 19 до перекривання осі траншеї. Перевіряють правильність орієнтації робочого органу 10 відносно труби 21 та за необхідності здійснюють коригування орієнтації землерийного обладнання. Після цього приводять в рух транспортер 8 та ковшовий ланцюг 18 і розпочинають переміщення базової машини 1 вздовж трубопроводу.

У процесі роботи установки ґрунт поверх трубопроводу 21 розробляється плугом 13 слідуючого засобу 14. Розробку та винесення ґрунту по обидва боки від труби 21 та під нею здійснюють ковші 5, що рухаються в напрямляючих 17 нерухомо закріпленої верхньої 7 та поворотної нижньої частини рами 19. Таким чином, трубопровід 21 повністю розкривається за його периметром.

Процес роботи модернізованої машини подібний до процесу роботи траншеєкопача поперечного копання, у якого площа руху базової машини та площа руху ланцюгового робочого органа знаходяться під прямим кутом. Тому, робоче обладнання модернізованої машини на підготовчому етапі проектування буде мати конструктивні параметри робочого органа екскаватора поперечного копання. В подальшому ж, розрахунок цих параметрів необхідно проводити згідно нової методики, оскільки робочі процеси цих машин дещо відрізняються.

Необхідна товщина стружки ґрунту – h , для наповнення ковшів визначається залежністю

$h = qK_n / LbK_p = 0,1 \cdot 0,55 / 3,3 \cdot 1,4 = 0,04$ м, де q – місткість ковша, м^3 ; K_n – коефіцієнт наповнення ковшів, $K_n = 0,35 \dots 0,75$ (залежить від характеру ґрунту, товщини зрізаємої стружки, довжини та форми забою, кута нахилу рами секцій до забою); L – довжина робочого органа, що знаходиться в забої, м; b – ширина стружки ґрунту (ширина ковша), м; K_p – коефіцієнт розпушення ґрунту в процесі розробки ($K_p = 1,1 \dots 1,5$).

Конструктивні параметри робочого органа приймаються на основі наступних емпіричних залежностей (місткість ковша q в літрах) [13]): крок ланцюга $t_{\text{л}} = (56,3 \dots 73,8) \sqrt[3]{q}$, довжина ковша $l_{\text{к}} = (2,6 \dots 2,8) t_{\text{л}}$, висота ковша $h_{\text{к}} = 1,45 t_{\text{л}}$. Таким чином ці параметри матимуть наступні значення $t_{\text{л}} = 255$ мм, $l_{\text{к}} = 663$ мм, $h_{\text{к}} = 370$ мм. Число одночасно копаючих ковшів $n_{\text{к}} = L/T + 1$, де T – крок розстановки ковшів (зазвичай приймають $T = (4 \dots 6) t_{\text{л}} = 4 \cdot 255 = 1020$ мм). Тоді $n_{\text{к}} \approx 5$, але враховуючи те, що ковші модернізованого робочого органа розробляють ґрунт в двох напрямках (при русі вгору до місця розвантаження та при русі вниз до забою, див. рис. 2), число одночасно копаючих ковшів складе $n_{\text{к}} \approx 10$.

Енергетичні витрати на розробку траншеї адаптованим робочим органом:

$$e = \frac{3,6 \cdot 10^6 N_{PO}}{P_M}, \text{ Дж/м}^3, \quad (1)$$

де N_{PO} – потужність приводу ланцюгового робочого органа, кВт; P_M – продуктивність машини, $P_M = S_{II} v_M$; S_{II} – поперечний переріз ґрунту, який безпосередньо розробляється робочим органом, $S_{II} = S_{TP} - S_T$; S_{TP} – площа поперечного перерізу утвореної траншеї, $S_{TP} = 7,52 \text{ м}^3$; $S_T = \pi \frac{d^2}{2} = 3,14 \frac{1,22^2}{2} = 2,33 \text{ м}^3$ – площа поперечного перерізу трубопроводу, м^2 ; тоді $S_{II} = 7,52 - 2,33 = 5,19 \text{ м}^3$; $v_M = 80 \text{ м/год}$ – швидкість поступального руху машини при розкриванні трубопроводу діаметром $d = 1220 \text{ мм}$. Тоді продуктивність складе $P_M = 5,19 \cdot 80 = 415 \text{ м}^3$.

Потужність приводу робочого органа [12] визначається за формулою, кВт

$$N_{PO} = \frac{2S_{заг.л.} v_L}{1000\eta}, \quad (2)$$

де $S_{заг.л.}$ – сумарне тягове зусилля, яке необхідно створити на ланцюгах, Н; v_L – швидкість руху ланцюгів, $v_L = 0,7 \text{ м/с}$.

Тягове зусилля на ланцюгах, яке необхідне для роботи траншеєкопача в заданих умовах, визначається сумою різних опорів руху ланцюгів при розробці ґрунту. Таким чином, тягове зусилля $S_{заг.л.} = S_{л.к.} + S_{л.г.} + S_{л.тр.} + S_{л.тр.н.}$, де $S_{л.к.}$ – натяг ланцюгів від дотичних складових сил копання ґрунту, Н; $S_{л.г.}$ – натяг ланцюгів від ваги ґрунту в ковшах, Н; $S_{л.тр.}$ – натяг ланцюгів від опору їх тертя в направляючих та від ваги ланцюгів і ґрунту, Н; $S_{л.тр.н.}$ – сила тертя від нормальної складової сили копання, Н.

Натяг ланцюгів від дотичних складових сил копання ґрунту $S_{л.к.} = hbk_1 n_k = 0,04 \cdot 0,3 \cdot 30000 \cdot 10 = 3600 \text{ Н}$, де $k_1 = 30000 \text{ Па}$ – питомий опір копанню для ґрунту III категорії [14].

Вага ґрунту в одному ковші $g_{zi} = q K_n \gamma g = 0,1 \cdot 0,55 \cdot 1800 \cdot 9,8 = 970,2 \text{ Н}$, де $q = 0,1 \text{ м}^3$ – місткість ковша; $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ – густина розробляемого ґрунту; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння. Число ковшів, які наповнені ґрунтом і рухаються на ділянці L_1 ($L_1 = 1,465 \text{ м}$) від поверхні забою до місця розвантаження (приводного валу), $n'_k = L_1 / T + 1 = 1,465 / 3,3 + 1 \approx 2$. Тоді загальна вага ґрунту в ковшах $G_z = (n_k + n'_k) g_{zi} = (10 + 2) 970,2 = 11642,4 \text{ Н}$.

Натяг ланцюгів від ваги ґрунту в ковшах $S_{л.г.} = G_z \sin \alpha = 11642,4 \cdot 1 = 11642,4 \text{ Н}$, де $\alpha = 90^\circ$ – кут нахилу забою до горизонтальної площини (оскільки рами

ланцюгових секцій встановлюються перпендикулярно до горизонту). Загальна вага ланцюгів з ковшами $G_{\lambda} = 3 L m_{\lambda} g = 3 \cdot 3,3 \cdot 28 \cdot 9,8 = 2716 \text{ Н}$, де $m_{\lambda} = 28 \text{ кг}$ маса 1 м ланцюгів з ковшами. Натяг ланцюгів від опору тертю ланцюга в направляючих, від ваги ланцюга та ґрунту $S_{\text{л.тр.}} = (G_{\lambda} + G_z) \mu = (2716 + 11642,4) 0,08 = 1148,6 \text{ Н}$, де $\mu = 0,08$ – коефіцієнт тертя в шарнірах ланцюгів (при наявності мащення). Опір від нормальної складової сили копання спричинює виникнення сили тертя $S_{\text{л.тр.н.}} = 0,4 S_{\text{л.к.}} \mu = 0,4 \cdot 3600 \cdot 0,08 = 115,2 \text{ Н}$. Таким чином, сумарне тягове зусилля $S_{\text{заг.л.}} = 3600 + 11642,4 + 1148,6 + 115,2 = 16506,2 \text{ Н}$.

Тоді, потужність приводу робочого органу

$$N_{\text{ро}} = \frac{2 \cdot 16506,2 \cdot 0,7}{1000 \cdot 0,85} = 27,2 \text{ кВт.}$$

Підставивши розраховані значення потужності робочого органу $N_{\text{ро}}$ та продуктивності машини $\Pi_{\text{м}}$ в формулу (1), отримаємо енергоемність розробки ґрунту адаптованим робочим органом, яка складає $e = 0,23 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3$. Для порівняння, при розкриванні трубопроводу ланцюговим траншеєкопачем [8] із встановленими під гострим кутом одна до одної ланцюговими секціями, енергоемність розробки ґрунту становить $e = 0,35 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3$ [10]. Це означає, що застосування пропонованого робочого органу дозволяє зменшити питомі енерговитрати на розробку ґрунту на 30%, що доволі суттєво.

Висновки. Запропонована установка з адаптованим робочим органом для поперечного копання ґрунту значно розширює технологічні можливості шляхом повного розкривання трубопроводу за його периметром та дозволяє виключити з комплекту машин для капітального ремонту трубопроводів підкопувальну машину. Така функціональність установки призведе до зменшення фінансових витрат при ремонті трубопровідних магістралей, зменшення енергоемності розробки ґрунту, дозволить підвищити швидкість переміщення комплекту спеціальних машин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мусійко В.Д., Кузьмінець М.П. Проблеми створення технології та техніки для виконання земляних робіт під час капітального ремонту промислових трубопровідних магістралей // Гірн., будів., дор. та меліор. машини: Всеукр. міжвід. зб. наук. праць.– К.: КНУБА.– 2007.– Вип.70.– С.56...64.
2. Розгонюк В.В. Удосконалення методики діагностування технічного стану та способів ремонту магістральних газопроводів: Дис. канд. техн. наук: 05.15.13.– Ів.-Франківськ, 2000.– 267 с.
3. Патент 20377 України, МКВ Е 02 F 5/06. Машина для розкривання трубопроводу і робочий орган / Биков О.В., Василенко С.К., Джарджіманов А.С. та ін.– № 97010085; Заявл. 09.01.97; Опубл. 27.02.98, Бюл. № 1.

4. А.с. №1198166, МКВ E02F5/02. Траншейный экскаватор для вскрытия подземных трубопровода / Л.Ш.Соболев и др. – 3700502/20-3; Заявл. 13.02.84; Опубл. 15.12.85, Бюл. №46.
5. А.с. №151253, МКВ E02F3/14. Навесное оборудование, монтированное на гусеничном тракторе / А.А.Майский и др. – 755501/29-14; Заявл. 14.12.61; Опубл. 25.03.77, Бюл. №11.
6. А.с. №692945, МКВ E02F5/08. Устройство для навески рабочего органа роторного экскаватора / К.Е.Ращепкин и др. – 2173973/29-03; Заявл. 19.09.75; Опубл. 25.10.79, Бюл. №39.
7. А.с. №607897, МКВ E02F5/02, E02F3/18. Траншейный экскаватор для вскрытия трубопроводов / Л.А.Одинцов и др. – 2165930/29-03; Заявл. 18.08.75; Опубл. 25.05.78, Бюл. №19.
8. Патент України №37784, E02 F5/00. Землерийне обладнання траншеєкопача для розкривання-заглиблення трубопроводів / Сукач М.К., Лисак С.І. (Україна).– U2008 08334; Заявл. 20.06.2008; Опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23.
9. Сукач М.К., Лисак С.І. Обґрунтування параметрів ланцюгового траншеєкопача / Тр. 69 НПК КНУБА. – Київ, 2008.– С.86.
10. Сукач М.К., Лисак С.І. Підвищення ефективності робочого обладнання машини для розкривання трубопроводів // Гірн., будів., дор. та меліор. машини: Всеукр. міжвід. зб. наук. праць.– К.: КНУБА.– 2008.– Вип.– 71.– С.3...9.
11. Патент 42389 України, МКИ E02F 3/00. Траншейний экскаватор для розкривання підземних трубопроводів / Сукач М.К., Лисак С.І.– № а2009 00804; Заявл. 04.02.2009; Опубл. 10.07.2009, Бюл. № 13.
12. Домбровский Н.Г. Многоковшовые экскаваторы. Конструкции, теория и расчет.– М.: Машиностроение, 1972.– 432с.
13. Домбровский Н.Г., Гальперин М.И. Строительные машины (в 2-х ч.). Ч II: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по спец. «Строит. и дор. маш. и оборуд.». – Высш. шк., 1985. – 224с.
14. Сукач М.К. Техніка будівництва. Розрахунковий практикум: Навч. посібник.– К.: КНУБА, 2003.– 140 с.

УДК 621.893-492:621.81

ПОРОШКОВІ АНТИФРИКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

В.Є. Олішевська¹, Г.С. Олішевський²

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: olishevskav@ukr.net

²кандидат технічних наук, доцент кафедри електроенергетики, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: olishevskiyg@ukr.net

Анотація. В роботі зроблено опис хімічного складу, мікроструктури, фізико-механічних та трибологічних властивостей порошкових антифрикційних матеріалів: залізо – графіт, залізо – мідь, залізо – мідь – графіт, залізо – мідь – графіт – фосфор, композицій на основі бронзи, залізо – графіт – молібден. Розглянуто особливості тертя порошкових

антифрикційних матеріалів. Приведено маркування та раціональні галузі використання порошкових антифрикційних матеріалів. Стаття полегшує сприйняття матеріалу, скорочує час на ознайомлення і підвищує інтегральну компетентність студентів в умовах дистанційного науково-освітнього процесу.

Ключові слова: порошкові антифрикційні матеріали, фізико-механічні властивості, трибологічні властивості, експлуатаційні властивості, коефіцієнт тертя.

POWDER ANTIFRICTION MATERIALS

V.E. Olishevskaya¹, H.S. Olishevskiy²

¹Ph.D., Associate Professor of Automobiles and Automobile Economy Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: olishevskaya_v@ukr.net

²Ph.D., Associate Professor of Power Engineering Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: olishevskiyg@ukr.net

Abstract. The chemical composition, microstructure, physical-mechanical and tribological properties of powder antifriction materials: iron - graphite, iron - copper, iron - copper - graphite, iron - copper - graphite - phosphorus, bronze-based compositions, iron - graphite - molybdenum, are described in the article. Features of friction of powder antifriction materials are considered. Marking and rational areas of use of powder antifriction materials are given. The article content facilitates the perception of the material, reduces the time for acquaintance and increases the integral competence of students in the conditions of distance scientific and educational process.

Keywords: powder antifriction materials, physical and mechanical properties, tribological properties, operational properties, friction coefficient.

Вступ. Основною причиною виходу з робочого стану (до 70 %) механізмів і машин є знос рухомих з'єднань і робочих органів під впливом сил тертя. Одним із шляхів підвищення надійності і довговічності трибовузлів, що працюють в тяжких умовах навантаження, є використання деталей з антифрикційних матеріалів.

Антифрикційні матеріали (лат. frictio – тертя) – це матеріали, які використовують для деталей машин, що працюють при терті ковзанням і мають коефіцієнт тертя $f < 0,2$.

Антифрикційні матеріали повинні мати наступні властивості: низький коефіцієнт тертя; високу втомну міцність; достатню міцність; добре притирання; високу корозійну стійкість; добру теплопровідність; добрі технологічні властивості.

На сучасному рівні розвитку науки і техніки розроблена велика кількість антифрикційних матеріалів, серед яких широко застосовують бабіти, бронзи, алюмінієві підшипникові сплави, антифрикційні чавуни, порошкові матеріали.

Проте, не існує універсального антифрикційного матеріалу, що володіє переліченими вище властивостями одразу. Крім того, різні антифрикційні матеріали мають свої недоліки. Наприклад, у олов'янистих бабітів при підвищенні температури починає знижуватися міцність, бронза має недостатнє притирання, неметалічні антифрикційні матеріали мають низьку теплопровідність.

Тому при вирішенні практичних питань, пов'язаних з вибором антифрикційних матеріалів для деталей трибоспрямижень, існують певні складнощі. Основними критеріями оцінки антифрикційних матеріалів є умови їх роботи. Тому вибір антифрикційних матеріалів здійснюється на основі умов експлуатації деталей, основних властивостей антифрикційних матеріалів і властивостей мастильних матеріалів, що використовуються в даному вузлі.

Серед великої різноманітності антифрикційних матеріалів перспективними антифрикційними матеріалами є порошкові антифрикційні сплави, які використовують, як правило, для виготовлення втулок, кілець та інших деталей. Технології отримання порошкових антифрикційних матеріалів дозволяють створювати унікальні антифрикційні матеріали з новими трибологічними властивостями, проте дані питання недостатньо представлені в учбовій літературі, що особливо важливо в умовах дистанційного науково-освітнього процесу.

Мета роботи. Аналіз хімічного складу, мікроструктури, фізико-механічних та трибологічних властивостей, особливостей тертя, маркування та раціональних галузей застосування порошкових антифрикційних матеріалів: залізо – графіт, залізо – мідь, залізо – мідь – графіт, залізо – мідь – графіт – фосфор, композицій на основі бронзи, залізо – графіт – молібден.

Матеріал та результати досліджень. Основні експлуатаційні властивості антифрикційних матеріалів – антифрикційність і опір втомленості [1]. Антифрикційність – здатність матеріалу забезпечувати низький коефіцієнт тертя ковзання, а, отже, низькі втрати на тертя і малу швидкість зношування деталей. Антифрикційні сплави повинні добре утримувати змащувальний матеріал на поверхні, мати достатню твердість, міцність, пластичність, хорошу теплопровідність і корозійну стійкість [2].

Порошкові матеріали – матеріали, виготовлені шляхом пресування порошків чорних і кольорових металів у виробі необхідної форми і розмірів з подальшим спіканням сформованих виробів у вакуумі або захисній атмосфері при температурі $(0,75...0,8)T_{пл}$ [3]. Після остаточної обробки сплави зберігають 10...30 % залишкової пористості. Введення 1...3 % графіту заповнює пори і служить твердим мастилом, забезпечуючи малий знос і малий коефіцієнт тертя. Замість графіту можуть використовуватися і інші тверді (шаруваті) мастила: молібденіт, діселеніди металів, нітрид бору. Після спікання

антифрикційні порошкові вироби піддають просоченню маслом (зануренням в гаряче масло і витримкою в ньому 1...2 год.). При цьому масло проникає в пори і частково поглинається графітом. Підшипник стає самомастильним. Самомастильні підшипники встановлюються у вузлах, де змащування утруднене або неможливе (наприклад, текстильна або харчова промисловість). Внаслідок значної пористості вони призначені для роботи при невеликих швидкостях ковзання і відсутності ударних навантажень [2].

Випускаються порошкові антифрикційні матеріали на основі: заліза і графіту (залізографіт), міді і графіту, бронзи і графіту (бронзографіт), алюмінію і графіту (алюмінографіт), срібла і міді з графітом та ін. [3].

На практиці широке застосування одержали *композиції залізо – графіт*. Вміст графіту в композиціях змінюється від 1 до 7 %. Мікроструктура залізографітових матеріалів – перлітна або перлітно-феритова (рис. 1). Зміст феритної складової допускається до 40 % і залежить від режиму роботи підшипників. Залізографітові матеріали, що містять 0,8...1 % графіту та мають перлітну структуру, характеризуються найстабільнішими фізико-механічними і технологічними властивостями, найбільшою зносостійкістю [1].

Маркування порошкових антифрикційних матеріалів, відповідно до ГОСТ 26802, містить літери, що позначають: П – приналежність матеріалу до порошкового, А – призначення матеріалу – антифрикційний, Ж – залізо, Д – мідь, О – олово, Гр – графіт, Х – хром, Н – нікель, Ф – фосфор, Б – бор, К – сірка, Мс – дисульфід молібдену, Цс – сірчистий цинк, Л – латунь, М – молібден. Цифри показують середній вміст елементу в відсотках.

Склад, мікроструктура, властивості матеріалів марок ПА-ЖГр, ПА-ЖГр2, ПА-ЖГр3 наведено на рис. 1, в табл. 1, 2.

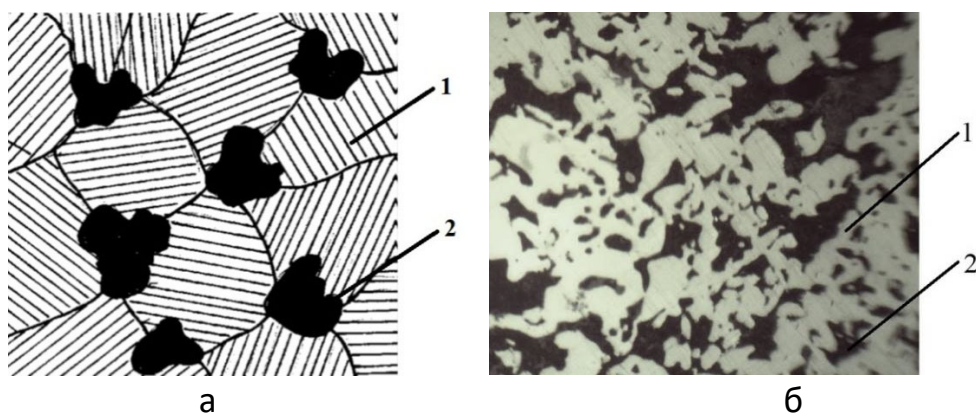


Рисунок 1 – Мікроструктура залізографітів:

а – схематичне зображення; б – мікроструктура матеріалу ПА-ЖГр3 (3 % Гр, інше Fe, пористість 20 %):

1 – перліт (тверда складова); 2 – графіт (м'яка складова)

Таблиця 1 – Хімічний склад и мікроструктура порошкових антифрикційних матеріалів на основі заліза

Марка матеріалу	Вміст С, %	Пористість, %	Мікроструктура
ПА-ЖГр	0,5...1,2	15...25	Перліт, графіт, пори, допускаються ферит до 40 % і включення цементиту до 10 %,
ПА-ЖГр2	1,4...2,0	15...25	
ПА-ЖГр3	2,2...3,2	15..25	

Таблиця 2 – Механічні властивості порошкових антифрикційних матеріалів на основі заліза

Марка матеріалу	Тимчасовий опір розтягванню, МПа не менше	Межа міцності при вигині, МПа не менше	Твердість НВ, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²
ПА-ЖГр	120	140	500	30
ПА-ЖГр2	100	110	500	20
ПА-ЖГр3	70	110	450	15

Порошкові антифрикційні матеріали на основі заліза працюють в умовах обмеженого або рясного змащування при тиску до 4 и 10 МПа, відповідно, і швидкості ковзання до 3 м/с; у режимі самозмащування до 2 МПа. Коефіцієнт тертя – в межах 0,035...0,125 залежно від кількості мастила і складу матеріалу. Матеріали з підвищеним вмістом графіту працюють на верхній межі вказаних навантажень, при швидкостях ковзання до 5 м/с мають більший термін служби, менший знос і коефіцієнт тертя. Присутність сірки збільшує зносостійкість і покращує оброблюваність матеріалу.

Композиції залізо – мідь і залізо – мідь – графіт широко застосовують у промисловості. Уведення міді в порошковий матеріал на основі заліза сприяє підвищенню його міцності, сприятливо впливає на його змащуваність і дає змогу регулювати зміну розмірів у разі усадки в процесі спікання. Кількість міді, що вводиться в антифрикційний матеріал на залізній основі, коливається в межах 2,5...20 %. У більшості цих матеріалів міді міститься до 5...9 %. Їхні властивості мало відрізняються від залізграфіту. Застосовуються матеріали лише при роботі зі змащенням і рідше в режимі самозмащування. Прикладами композиції *залізо – мідь* є матеріали марок ПА-ЖД, ПА-ЖД5 (табл. 3, 4) [3].

Введення міді до складу залізографіту запобігає утворенню цементиту, значно поліпшує структуру і механічні властивості матеріалу, підвищує мікротвердість. Прикладами матеріалів *залізо – мідь – графіт* є матеріали марок ПА-ЖГрД, ПА-ЖГр2Д, ПА-ЖГрД5 (табл. 3, 4). Композицію марки ПА-ЖГр2Д2 застосовують, наприклад, для виробництва поршневих кілець.

Високі триботехнічні характеристики матеріалів композицій *залізо – мідь і залізо – мідь – графіт* дають змогу застосовувати їх у відповідальних вузлах тертя, де потрібна підвищена міцність підшипникового матеріалу. Такі матеріали здатні витримувати статичні навантаження 60...290 МПа.

Матеріали залізо – мідь – графіт – фосфор. Легування залізо – мідь – графітових антифрикційних матеріалів фосфором дає змогу значно підвищити опір пластичній деформації в умовах тертя. Ці матеріали мають вищу зносостійкість унаслідок тертя без мастила. Оптимальними визнано матеріали на основі заліза, що містять 1,2 % графіту і 0,2...0,4 % фосфору, за вмісту графіту 0,6 % – рекомендується фосфору 0,9 %.

Композиції на основі бронзи. Бронзи набули широкого застосування завдяки високим значенням міцності і корозійної стійкості, добрим антифрикційним властивостям. Бронзи мають стійкість на повітрі, в морській воді, розчинах більшості органічних кислот. Велика кількість бронз (за винятком алюмінієвої бронзи) добре зварюється і паяється твердими і м'якими припоями.

Таблиця 3 – Хімічний склад і мікроструктура порошкових антифрикційних композицій *залізо – мідь і залізо – мідь – графіт*

Марка матеріалу	Вміст С, %	Вміст Сu, %	Пористість, %	Мікроструктура
ПА-ЖД	0,3	2,5...3,5	12...28	Ферит, допускається перліт до 20 %, пори
ПА-ЖД5	0,5	4,8...10	16...27	Ферит, пори, допускаються перліт до 20 % і окремі включення міді, цементиту до 10 %
ПА-ЖГрД	0,5...1,2	2,3...3,5	15...25	Перліт, графіт, пори, допускаються ферит до 40 % і включення цементиту до 10 %
ПА-ЖГр2Д	1,5...2,8	2,5...3,0	13...23	

ПА-ЖГрД5	0,7...1,3	4,8...10,0	16...27	Перліт, графіт, пори, допускаються ферит до 40 % і включення цементиту до 10 %, міді
----------	-----------	------------	---------	--

Таблиця 4 – Механічні властивості порошкових антифрикційних композицій залізо – мідь і залізо – мідь – графіт

Марка матеріалу	Тимчасовий опір розтягванню, МПа не менше	Межа міцності при вигині, МПа не менше	Твердість НВ, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²
ПА-ЖД	120	250	450	39
ПА-ЖД5	150	300	500	40
ПА-ЖГрД	150	250	600	30
ПА-ЖГр2Д	150	200	600	25
ПА-ЖГрД5	150	250	500	30

Порошкові антифрикційні матеріали на основі бронзи марок ПА-БрОГр, ПА-БрОГр2, ПА-БрОГр4 (табл. 5, 6) працюють в різних умовах: при змащуванні маслом допустимий тиск до 6 МПа при швидкості ковзання до 2 м/с; у режимі самозмащення допустимий тиск до 3 МПа при швидкості ковзання 1...2 м/с. Матеріали мають коефіцієнт тертя в межах 0,03...0,06; безшумні в роботі. Дані порошкові антифрикційні матеріали можуть замінювати олов'яні литі бронзи, латуні. Матеріали застосовують, як правило, для підшипників різних апаратів і приладів побутової техніки, електричних двигунів малої потужності, конвеєрів, автомобілів, тракторів, комбайнів, мотоциклів і т. п. [2].

Порошкові антифрикційні матеріали марок ПА-БрОХ, ПА-БрОХН (табл. 5, 6) призначені для роботи в умовах змащування при середніх і важких навантаженнях (7...10 МПа), при незначних швидкостях ковзання (близько 1 м/с). Коефіцієнт тертя при змащуванні – до 0,1; без змащування – до 0,7. Дані матеріали з метою підвищення фізико-механічних властивостей можуть піддаватися термічній обробці (гарту, старінню). Матеріали застосовуються для деталей вузлів тертя автомобілів, приладів, гідронасосів та ін. Матеріалами даної групи можна замінювати бабіти, литу бронзу типу БрО5Ц5С5, БрО12, БрАЖ9-4, БрАЖМц10-3-1,5 та ін. [1].

Таблиця 5 – Хімічний склад та мікроструктура порошкових антифрикційних композицій на основі бронзи

Марка матеріалу	Вміст С, %	Вміст Sn, %	Вміст Ni, %	Вміст Cr, %	Пористість, %	Мікроструктура
ПА-БрОГр	0,5...1,0	9,5...10,5			15...28	Однорідний α-твердий розчин олова в міді, пори. Допускається присутність евтектоїда, що складається із твердого розчину і фази $Cu_{31}Sn_8$. Графіт
ПА-БрОГр2	1,5...2,5	9,0...11,0			15...25	
ПА-БрОГр4	3,0...4,5	9,0...11,0			10...25	
ПА-БрОХ		4,5...5,5		9,5...10,5	4...20	Однорідний α-твердий розчин Sn и Cr в міді з включенням хроммісткої фази, пори
ПА-БрОХН		4,5...5,5	6,5...7,5	9,5...10,5	4...20	Однорідний твердий розчин Cu, Ni и Cr в міді з включенням хроммісткої фази и сполучення Ni_3Sn , пори

Таблиця 6 – Механічні властивості порошкових антифрикційних композицій на основі бронзи

Марка матеріалу	Тимчасовий опір розтягванню, МПа не менше	Межа міцності при вигині, МПа не менше	Твердість HB, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²
ПА-БрОГр	78,5	100	250	13,0
ПА-БрОГр2	70,0		250	
ПА-БрОГр4	60,0		200	

ПА-БрОХ	176,0	390	900	2,0
ПА-БрОХН	215,0	430	9000	2,0

Матеріали залізо – графіт – молібден. Представником композицій є матеріал марки ПА-ЖГрЗМ. До складу матеріалу ПА-ЖГрЗМ входить 1,8...3,0 % С, 13...16 % Мо. Мікроструктура – перліт, ферит до 30 %, вільний графіт, включення карбідів до 15 %, пори. Пористість матеріалу знаходиться в межах 15...23 %. Тимчасовий опір розтягуванню – не менше 60 МПа, межа міцності при вигині – не менше 150 МПа, твердість НВ – 600 МПа, ударна в'язкість – 10 кДж/м². Для деяких композиційних матеріалів, що містять молібден, характерне зменшення коефіцієнта тертя зі збільшенням швидкості ковзання і питомого навантаження. Наприклад, матеріал ПА-ЖГрЗМ за цією характеристикою і за зносостійкістю перевершує олов'янисту бронзу БрОФ в умовах тертя без змащування по сталі 45 (HRC = 43...47) [1].

Висновки. В роботі зроблено опис хімічного складу, мікроструктури, фізико-механічних та трибологічних властивостей порошкових антифрикційних матеріалів: залізо – графіт, залізо – мідь, залізо – мідь – графіт, залізо – мідь – графіт – фосфор, композицій на основі бронзи, залізо – графіт – молібден. Розглянуто особливості тертя порошкових антифрикційних матеріалів. Приведено маркування та раціональні галузі використання порошкових антифрикційних матеріалів.

Використання порошкових антифрикційних матеріалів при розв'язанні проблем тертя, зношування і змащування деталей трибовузлів дозволяє підвищити надійність, довговічність і безпеку машин і механізмів, економити ресурси, забезпечити конкурентоспроможність на ринку, зменшити екологічний вплив на оточуюче середовище.

Дана робота полегшує сприйняття матеріалу, скорочує час на ознайомлення і підвищує інтегральну компетентність студентів в умовах дистанційного науково-освітнього процесу.

Матеріали можуть бути використані студентами при вивченні дисциплін «Конструкційні та експлуатаційні матеріали в автомобільній галузі», «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів».

ЛІТЕРАТУРА

1. Закалов О. В., Закалов І. О. Основи тертя і зношування в машинах: навчальний посібник. Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 322 с.
2. Кондрачук М. В., Хабутель В. Ф., Пашечко М. І., Корбут Є. В. Трибологія. Київ: Вид-во Національного Авіаційного університету «НАУ-друк», 2009. 232 с.

З. Хренов О. В., Афанасьев Л. Н., Лешок А. В. Материалы и технология порошковой металлургии: учебно-методическое пособие по дисциплине «Теория и технология получения порошковых материалов» для студентов специальности 1-42 01 02 «Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия». Минск. Белорусский национальный технический университет, 2010. 37 с.

УДК 69.057:658.513.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХНЕВОЇ ТВЕРДОСТІ ТА ТЕРМОУСАДКИ ВИРОБІВ З PLA ПРИ ЇХ ВИГОТОВЛЕННІ МЕТОДОМ 3D ДРУКУ

Н.О. Ротт¹, В.Е. Дитюк², О.О. Мирний³

¹ к.т.н., доцент, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, E-mail: Rott.N.O@nmu.one

²асистент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, E-mail: Dytiuk.V.E@nmu.one

³студент групи 132-20ск-2

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

Анотація. У роботі проведено дослідження показників поверхневої твердості матеріалу та впливу температури друку на термоусадку виробів з PLA-пластику в діапазоні температур 190 – 220 °С.

Ключові слова: 3D-друк, PLA пластик, термоусадка, поверхнева твердість.

RESEARCH OF PARAMETERS OF SURFACE HARDNESS AND THERMAL SHRINKAGE OF PRODUCTS FROM PLA AT THEIR MANUFACTURING BY A METHOD OF 3D PRINTING

Nataliia Rott¹, Viktoriia Dytiuk², Oleksii Myrnyi³

¹ Ph.D., associated professor, Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, E-mail: Rott.N.O@nmu.one

²Assistant, Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, E-mail: Dytiuk.V.E@nmu.one

³Student of group 132-20sk-2, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. This article of surface hardness of the material and the effect of printing temperature on the heat shrinkage of PLA-plastic products in the temperature range 190 - 220°C.

Keywords: 3D printing, PLA plastic, heat shrinkage, surface hardness.

Вступ. Прогрес не стоїть на місці і кожного дня ми все частіше стикаємося з речами що були виготовленні завдяки 3D принтерам. 3D-принтери настільки глибоко увійшли в наше життя, їх використовують, як для створення пластикових шахових фігурок в домашніх умовах, так і в Голлівуді. А

завдячувати ми повинні вченому на ім'я Чак Хулл, саме він створив перший у світі 3D принтер, його винахід працював виключно на технології, названої стереолітографом (SLA). З тих пір були розроблені численні альтернативні технології 3D друку, такі як: Моделювання методом наплавлення (FDM), Наплавлення нитки (FFF), Вибіркове лазерне спікання (SLS), PolyJetting і багато інших, хоча всі вони засновані на пошаровому створенні об'єктів.

Не дивлячись на безліч технологій 3D друку, найбільшого поширення набули SLA і FDM через невисоку вартість і порівняльну простоту принтерів.

Технологія 3D-друку ґрунтується на пошаровому нарощуванні полімерів. Однак це не всі способи 3D-друку. Також існує:

- Лазерне спікання порошків;
- Стереолітографія;
- Склеювання порошків;
- Струменеве моделювання.

Всі ці способи активно використовуються. Отже 3D-друк в порівнянні з ручним виготовленням той чи іншої продукції має певні переваги:

- швидкість (вручну створення реальної моделі в залежності від складності роботи може займати до місяця часу і більше. Технологія 3D-друку дозволить зробити це за один день);
- ціна (цінова політика безпосередньо залежить від складності моделі, а також використовуваного матеріалу. З упевненістю можна сказати, що 3D-друк буде коштувати на порядок дешевше, ніж ручне або автоматичне виробництво 3D-моделі);
- функціональність (об'єкт, виготовлений 3D-принтером можна використовувати відразу після виготовлення, але не варто забувати про те, що за допомогою 3D-принтеру можна поставити на потік дрібносерійне виробництво) [4].

Мета роботи – знизити час обробки виробів, виготовлених методом 3D-друку, та дослідити вплив температури друку виробів з PLA-пластику.

Матеріал і результат досліджень. Технологія 3D-друку активно використовується в таких сферах діяльності, як: медицина - за допомогою 3D-принтерів створюються окремі клітини людського організму і тестують нові препарати; кіно - об'єкти надруковані для кіноіндустрії часом виглядають набагато реалістичніше, ніж комп'ютерна графіка і коштують дешевше, ніж справжні декорації; будівництво та архітектура; реклама і маркетинг.

Крім описаних вище професійних областей застосування 3D-друку, існують інші напрямки для повсякденного використання даної технології [1].

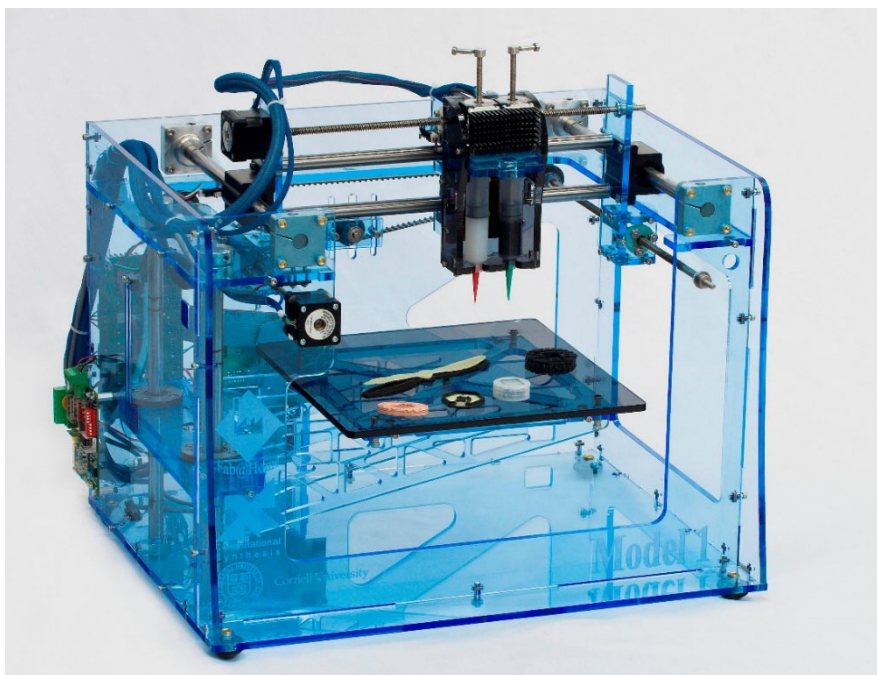


Рис. 1. – Приклад зовнішнього виду 3D-принтера

Існує багато матеріалів, які досліджувалися на предмет застосування в 3D-друку, і на сьогоднішній день домінуючу роль в цій ніші займають – ABS, PLA, SBS та PETG.

Всі вони – термопластики, тобто вони стають м'якими і пластичними при нагріванні, а при охолодженні тверднуть. Цей процес може бути повторений багаторазово. Схильність плавлення і обробки – саме та властивість, що вивела термопластики в лідери в повсякденному використанні і призвела до того, що більшість видів пластику, з якими ми стикаємося в побуті, – термопластики.

PLA-пластик (поліактид) – біорозкладаний пластик для 3D-друку методом пошарового наплавлення. Основу матеріалу складають натуральні інгредієнти: кукурудза, цукровий очерет, крохмаль, целюлоза. У натуральному вигляді PLA-пластик є прозорим. Його можна фарбувати в будь-який колір, при бажанні - зі збереженням прозорості. При нагріванні PLA піддається більш значним фазовим змінам і стає більш текучим. При активному охолодженні під час друку можна домогтися більш загострених елементів і кутів – без ризику отримати крихкий об'єкт. Підвищена плинність забезпечує також краще зчеплення між шарами, і результат виходить більш міцним.

По міцності PLA не поступається ABS, але він більш жорсткий, що призводить до крихкості. Крихкість в поєднанні з біорозкладністю матеріалу призводить до того, що термін служби таких виробів недовгий. Як правило, він становить не більше 2 років.

Технологія 3D-друку з PLA пластика на даний момент вважається дуже перспективною з кількох причин. По-перше, пластик виробляється з поновлюваних ресурсів, що дуже важливо з точки зору раціонального ставлення до природних ресурсів. По-друге, виробництво PLA пластика екологічно безпечно. При його створенні в атмосферу виділяється в два рази менше вуглекислого газу, в порівнянні з виробництвом пластиків на основі нафти.

ABS-пластик (акрилонітрил бутадієн стирол, хімічна формула $(C_8H_8) x \cdot (C_4H_6) y \cdot (C_3H_3N) z$) – ударостійка технічна термопластична смола на основі сополімера акрилонітрилу з бутадієном і стиролом (назва пластика утворена з початкових букв найменувань мономерів). Пропорції можуть варіюватися в межах: 15 – 35% акрилонітрилу, 5 – 30% бутадієну і 40 – 60% стиролу[3].

В цілому, це міцний і більш піддатливий в порівнянні з PLA пластик. Натуральний ABS має бежевий (молочний) відтінок. Пластичність ABS дозволяє легко створювати елементи різних з'єднань і кріплень. Він легко шліфується і обробляється. Важливо відзначити, що ABS розчиняється в ацетоні, що дозволяє склеювати деталі і добиватися дуже гладкої поверхні.

Спрощуючи тисячі чинників, в силу яких одному пластику слід віддати перевагу іншому, підведемо короткий підсумок.

ABS часто застосовують в інженерних і професійних додатках через його міцність, пластичність, легкість в обробці і високу термостійкість. Нагрітий ABS, як і будь-який пластик на основі нафтопродуктів, має неприємний для багатьох запах. Необхідність наявності підігрітою підкладки робить його майже непридатним для задовільної якості друку на деяких принтерах.

PLA. Широка гамма доступних кольорів, ступенів прозорості, а також що виходить глянцева поверхня робить цей пластик привабливим для виготовлення арт-об'єктів і господарського начиння. Багато хто поважає рослинне походження цього пластика і вважають за краще його напівсолодкий запах замість запаху ABS. При правильному режимі охолодження максимальна швидкість друку PLA вище, шари більш тонкі, кути більш гострі.

SBS. Новий і дуже перспективний матеріал для 3D-друку. Своїми властивостями він перевершує традиційні ABS або PLA. Якщо давати загальну оцінку для розглянутих матеріалів, то SBS встане на перше місце як універсальний, та не примхливий, зручний і красивий матеріал.

PETG. Покликаний замінити ABS і PLA в області 3D-друку, за своїми властивостями перевершує ці матеріали, зручний у використанні, довговічний, безпечний [2].

Під час виготовлення виробів з пластику, що роздруковані за різних температур друку необхідно враховувати такі фактори, як термоусадка та поверхнева твердість виробу. Тому базуючись на цих характеристиках нами було проведено 2 досліді:

1. Визначення параметрів термоусадки виробів з PLA пластику
2. Дослідження параметрів поверхневої твердості виробів з PLA.

Виготовлені 4 зразки з PLA пластика (рис.2) температура друку яких склала 190, 210, 215, 230 °C при температурі столу 80 °C і температурі навколишнього середовища 18 °C та наявністю примусового охолодження.

Примусове охолодження застосовується для пластиків, що наплавляються на гарячий стіл при відносно високій площі горизонтальної поверхні для зменшення деформування тіла внаслідок різкої зміни температури.

Перегрів пластику чи його недостатня температура змінюють механічні властивості поверхневого шару та призводять до крихкого стану, що врешті призводить до швидкого розтріскування.

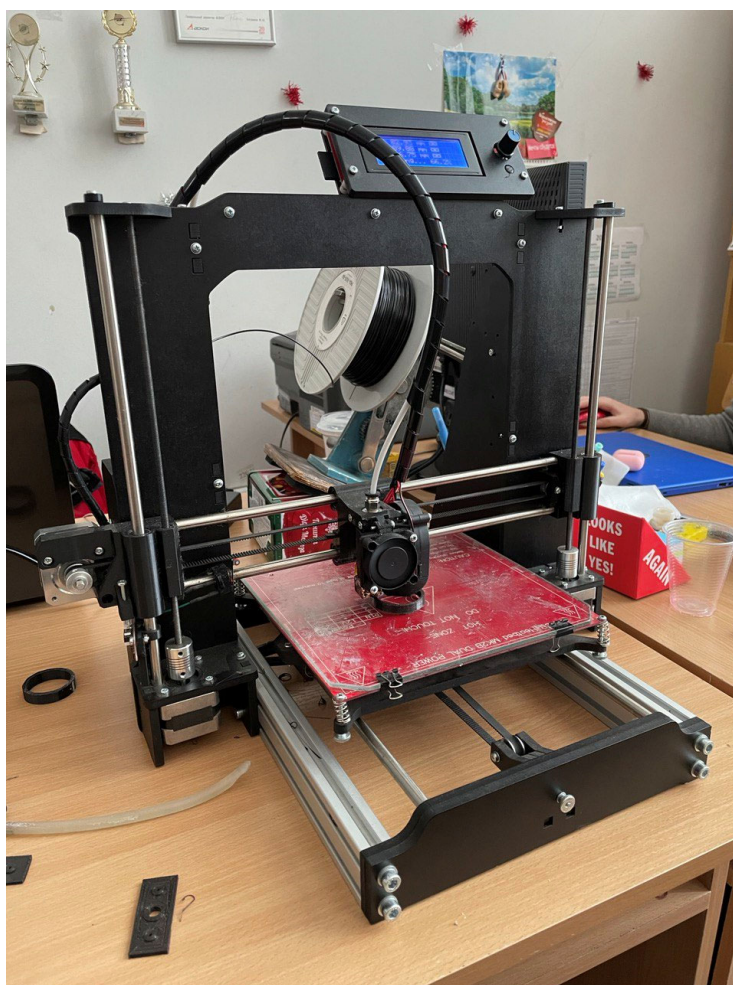


Рис. 2. – Друк зразків для дослідження

Перший дослід. 4 циліндричні деталі з номінальним внутрішнім діаметром 35 мм. Деталі зовнішньо мали ідентичний вигляд. Проте, зменшення внутрішнього діаметру склало від 0,2 до 1,8 мм

В результаті, деталі із усадкою 1,8 можуть бути відбраковані або потребують значної механічної обробки після друку для досягнення номінальних розмірів, наприклад, при виготовленні зубчастих коліс, втулок, роликів, футеровок тощо.

Для виміру діаметрів застосовували електронний штангенциркуль King Tony 77141-06.

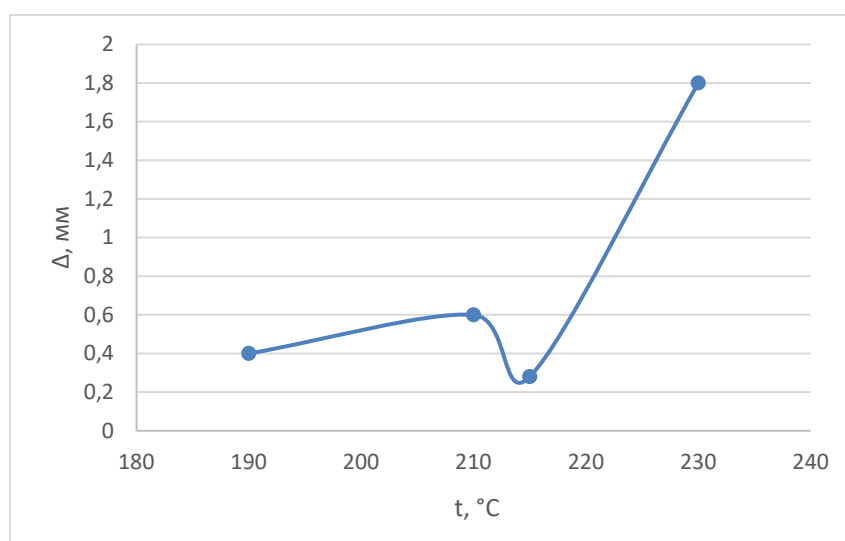


Рис. 3. - Діаграма термоусадки зразків при примусовому охолодженні

Як видно із графіка (рис. 3) найбільша усадка без примусового охолодження спостерігається при температурі друку 230 °C (1,8 мм), що пояснюється значним розширенням пластику при такому нагріві та його стискання при охолодженні. Оптимальним, з точки зору усадки є температура 215 °C. Похибка складає 0,38 мм.

Як видно із графіка (рис. 4) найбільша усадка без примусового охолодження спостерігається при температурі друку 230 °C (1,4 мм), що пояснюється значним розширенням пластику при такому нагріві та його стискання при охолодженні. Оптимальним, з точки зору усадки є температура 210 °C. Похибка складає 0,38 мм.

В результаті, отримані значення можуть слугувати в якості коефіцієнтів для корегування 3-D моделі на стадії створення. Таким чином, створені 3-D моделі із допусками на термоусадку зменшать часові та ресурсні витрати на подальшу механічну обробку, чим підвищить продуктивність роботи принтерів та якість виготовлених деталей.

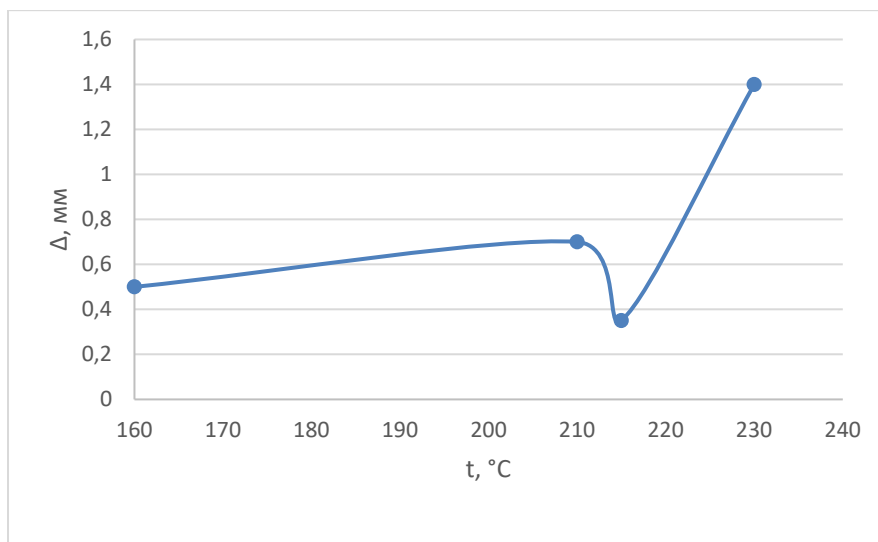


Рис. 4. - Діаграма термоусадки зразків без охолодження

Як видно із графіка (рис. 4) найбільша усадка без примусового охолодження спостерігається при температурі друку 230 °C (1,4 мм), що пояснюється значним розширенням пластику при такому нагріві та його стискання при охолодженні. Оптимальним, з точки зору усадки є температура 210 °C. Похибка складає 0,38 мм.

В результаті, отримані значення можуть слугувати в якості коефіцієнтів для корегування 3-D моделі на стадії створення. Таким чином, створені 3-D моделі із допусками на термоусадку зменшать часові та ресурсні витрати на подальшу механічну обробку, чим підвищить продуктивність роботи принтерів та якість виготовлених деталей.

Другий дослід. Для виготовлених зразків було визначено поверхневу твердість за допомогою методу неруйнівного контролю. Застосований динамічний твердомір NOVOTEST T-Д2 дозволяє виконати вимір за шкалою Бринеля та визначити середній показник поверхневої твердості.

Твердомір застосовує динамічний метод вимірювання твердості (метод Ліба), стандартизований згідно ASTM A596 і ідеально підходить для вимірювання твердості масивних деталей, матеріалів з крупнозернистою структурою, чавунів і кольорових металів з поверхнями погано підготовленими для вимірювання.

Як видно з графіку (рис. 5), найбільша поверхнева твердість досягається при другій температурі 215 °C. При збільшенні температури підвищується термоусадка пластику, що робить його крихким та зменшує міцність слоїв.

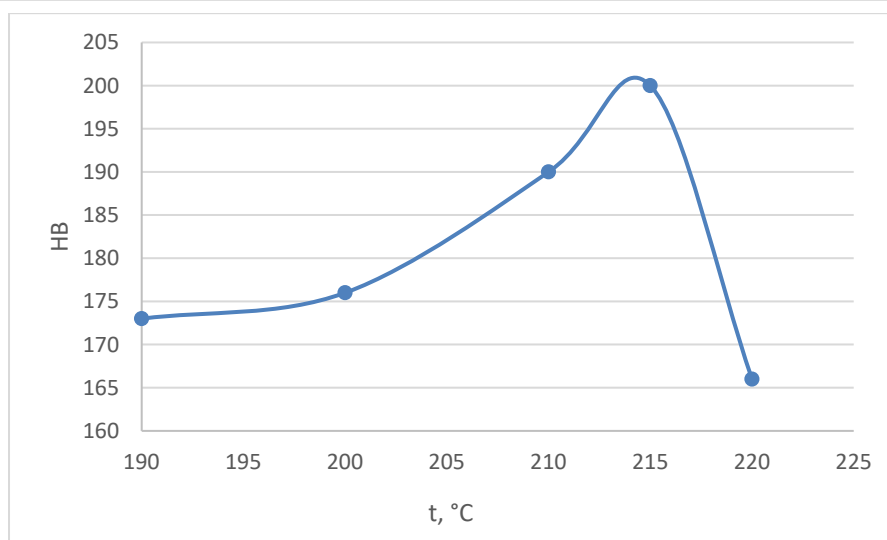


Рис. 5. – Твердість пластика при примусовому охолодженні

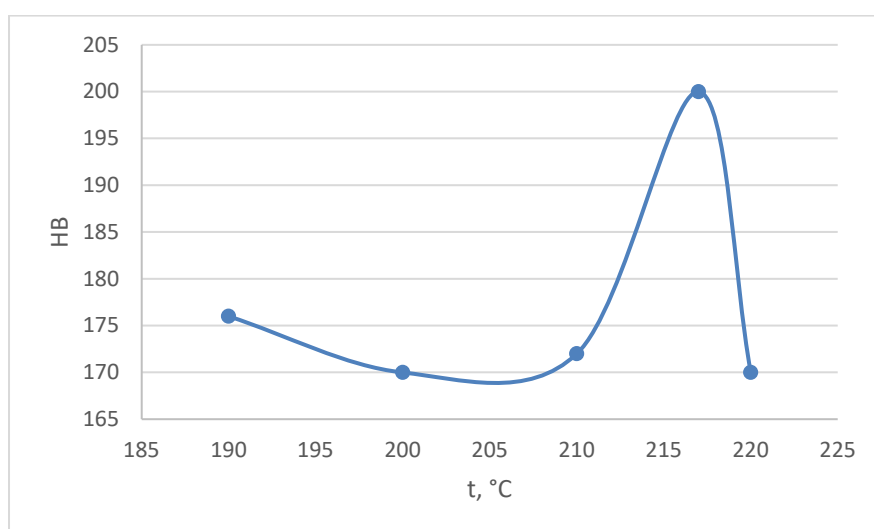


Рис. 6. – Твердість пластика без примусовому охолодженні

Примусове охолодження змінює картину твердості виробів (рис. 6) залежно від температури друку. Зокрема, максимальна твердість HB200 досягається при температурі 220 °C

У порівнянні із друком без охолодження, збільшення температури на 5 град дозволяє друкувати деталі PLA пластиком без додаткових налаштувань принтера. При цьому, спостерігається зменшення поверхневої твердості, при друку за температури 200 °C із охолодженням, що пояснюється слабкою когезією.

Висновки. Отримані результати слугують для корегування параметрів 3D моделей на етапі їх створення, із допусками на термоусадку слугують для підвищення точності виготовлених деталей та зменшення часу подальшої механічної роботи що в результаті підвищує продуктивність роботи 3D принтерів.

При друку деталей із великою площею тіла у горизонтальній площині варто застосувати налаштування із температурою 220°C та примусовим охолодженням. В інших випадках – 200 °C із пасивним охолодженням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крохмаль А. С., Казакова Н. Ю. Применение 3D-печати в формировании образа современных городских пространств. // Вестник МГХПА «Декоративное искусство и предметно-пространственная среда». — № 1 — 2, 2020. — С. 260—267.
2. Сравнение ABS, PLA, SBS, PETG. Различие пластиков: свойства, хранение, применение. [Електронний ресурс] Режим доступу <https://rusabs.ru/blogs/blog/razlichie-mezhdu-abs-i-pla-dlya-3d-pechati>
3. PLA-пластик для 3D-печати [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://3d-plastic-spb.ru/pla-plastik/>
4. Що таке 3D друк? Як працює 3d принтер? [Електронний ресурс] Режим доступу: <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/>

УДК 539.4.01:004.42

ПРО КОМП'ЮТЕРНІ ПРОГРАМИ СПРОЩЕНОГО РОЗРАХУНКУ ДВОТАВРОВИХ БАЛОК НА МІЦНІСТЬ І ЖОРСТКІСТЬ

Ю.С. Холодняк¹, О.А. Костіков², С.В. Капорович³

¹к.т.н., доцент, зав. кафедрою технічної механіки, e-mail: holodhjak.yuri@gmail.com

²к.ф.-м.н., доцент кафедри автоматизації виробничих процесів, e-mail: alexkst63@gmail.com

³к.т.н., ст.викладач кафедри технічної механіки, e-mail: kaporovych@gmail.com

^{1, 2, 3} Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Анотація. Розроблено додатковий розрахунковий блок до раніше створених комп'ютерних програм спрощеного розрахунку на міцність статично визначуваних двотаврових балок. Удосконалені програми визначають опорні реакції балок, будують епюри поперечних сил і згинальних моментів, підбирають потрібні номери двотаврів, а також визначають шукані переміщення і будують графіки їх зміни по довжині балок. Впровадження цих програм у навчальний процес надасть студентам нові можливості в формуванні у них професійних навичок. Також розроблені програми будуть корисними і для фахівців-практиків при розв'язанні ними реальних технічних задач.

Ключові слова: двотаврові балки, міцність, переміщення, спрощені розрахунки, Mathcad, комп'ютерні програми.

ABOUT COMPUTER PROGRAMS FOR SIMPLIFIED STRENGTH AND STIFFNESS ANALYSIS OF I-BEAMS

Yuri Kholodniak¹, Alexander Kostikov², Svitlana Kaporovych³

¹Ph.D., Associate Professor, Head of Technical Mechanics Department, e-mail: holodnjak.juri@gmail.com

²Ph.D., Associate Professor of Manufacturing Processes and Automation Engineering Department, e-mail: alexkst63@gmail.com

³Ph.D., Senior Lecturer of Technical Mechanics Department, e-mail: kaporovych@gmail.com
^{1,2,3} Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine

Abstract. An additional calculation unit has been developed for previously created computer programs for simplified calculation of the strength of statically determined I-beams. Advanced programs determine the support reactions of beams, plot transverse forces and bending moments, select the necessary I-beam numbers, as well as determine the desired displacements and plot their changes along the length of the beams. The introduction of these programs into the educational process will provide students with new opportunities to develop their professional skills. The developed programs will also be useful for practitioners in solving real technical problems.

Keywords: I-beams, strength, displacement, simplified calculations, Mathcad, computer programs.

Введення. Стрімкий розвиток техніки вимагає підготовки високоосвічених фахівців для створення нових машин, механізмів, матеріалів, споруд. Успішному вирішенню цього глобального завдання покликане допомогти наповнення вузівських дисциплін інженерної підготовки новітніми досягненнями науки і техніки.

Опір матеріалів закладає основи інженерних розрахунків на міцність, жорсткість і стійкість елементів машин і споруд. Тому від його наповнення новими знаннями і методичними підходами багато в чому залежить рівень підготовки майбутніх інженерів до вирішення складних технічних завдань.

Чимала увага в цьому курсі традиційно приділяється стрижневим конструкціям, перш за все балкам, які є важливими елементами багатьох машин і споруд.

Балки мають різні форми поперечних перерізів, проте найбільш поширеними серед них є двотаврові профілі (рис. 1), які поєднують в собі значні економічні переваги і зручності монтажу.

Розрахунки на міцність статично визначених двотаврових балок зазвичай включають такі послідовно виконувані дії [1], як визначення опорних реакцій, побудова епюр поперечних сил та згинаючих моментів, підбір номера двотавра з умови міцності по нормальним напруженням, перевірка його міцності по дотичним та еквівалентним напруженням.

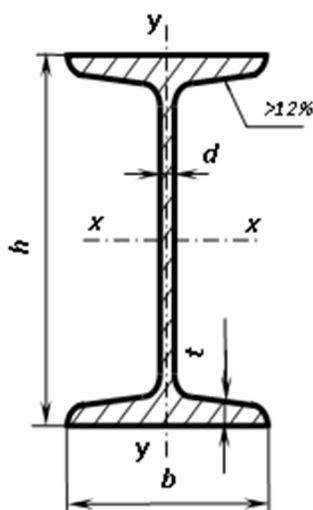


Рис. 1. – Двотавровий профіль (по ГОСТ 8239-89)

Зазначена послідовність дій у разі її реалізації традиційним «ручним» способом вимагає чималих витрат часу і достатньо високої кваліфікації виконавців, що є істотним недоліком такого роду розрахунків.

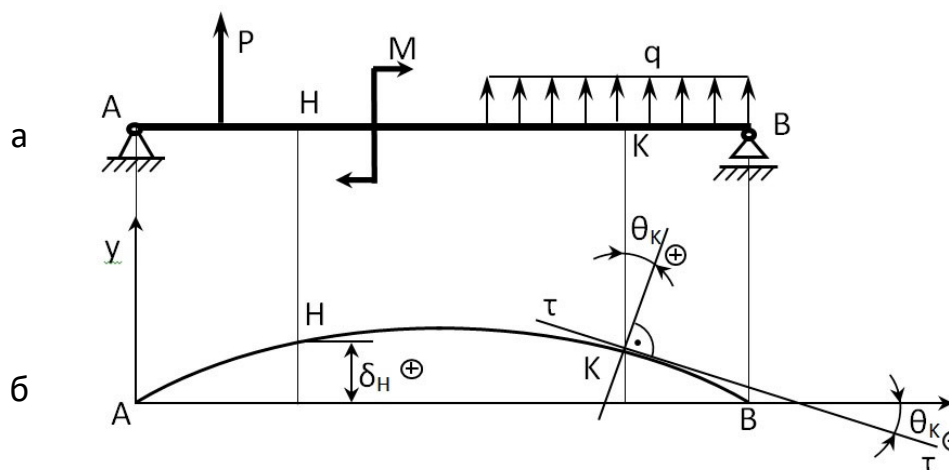
Певне спрощення цим розрахункам надає концепція використання так званих безпечних факторних просторів двотаврів, яка формалізує і значно спрощує два останні етапи розрахунку, залишаючи при цьому незмінними попередні [2, 3].

Для максимального використання переваг цієї концепції створені наскрізні комп'ютерні програми, що включають всі зазначені етапи розрахунку на міцність статично визначених двопорних і консольних двотаврових балок [4, 5].

Мета роботи. Метою даної роботи є розширення можливостей цих програм шляхом приєднання до них розрахункових блоків з визначення лінійних і кутових переміщень.

Матеріал і результати досліджень.

Пояснимо сутність зазначених переміщень. Для цього розглянемо балку з довільним навантаженням, що не приводить до появи в балці пластичних деформацій (рис. 2). Під дією цього навантаження балка втрачає свою спочатку пряму форму і стає опуклою. Поздовжня вісь балки, яку називають пружною лінією, викривляється і її точки отримують вертикальні лінійні переміщення-прогини, які зазвичай позначають буквою δ . Разом з цим поперечні перерізи балки отримують кутові переміщення – кути повороту навколо горизонтальних осей, що проходять через ту чи іншу точку пружною лінії. Кутові переміщення позначаються зазвичай буквою Θ . Зазначеним переміщенням присвоюють індекси відповідних точок.



а – навантажена балка; б – пружна лінія балки з позначеними переміщеннями точок

Рис. 2. – Схема до понять лінійних і кутових переміщень

Для визначення лінійних і кутових переміщень в балках скористаємося універсальним методом Мору [6]. Згідно з цим методом для визначення прогину балки в точці Н і кута повороту перетину К потрібно обчислити відповідні інтеграли:

$$\delta_H = \frac{1}{E \cdot J_x} \cdot \int_L M(z) \cdot \bar{M}(z) \cdot dz, \quad (1)$$

$$\theta_K = \frac{1}{E \cdot J_x} \cdot \int_L M(z) \cdot \bar{M}'(z) \cdot dz, \quad (2)$$

де $E \cdot J_x$ – жорсткість перерізу балки при згинанні у площині yz (див. рис. 2);

L – довжина балки;

$M(z)$ – закон зміни за довжиною балки згинального моменту від заданого навантаження;

$\bar{M}(z)$ – закон зміни за довжиною балки згинального моменту від вертикальної одиничної сили $P = 1$, що прикладена в точці Н;

$\bar{M}'(z)$ – закон зміни за довжиною балки згинального моменту від одиничного згинального моменту $M = 1$, який прикладений у перерізі К.

Закони $M(z)$ визначені у вищевказаних програмах розрахунків міцності балок.

Закони $\bar{M}(z)$ і $\bar{M}'(z)$ встановлені в даній роботі в залежності від місць прикладання до балок одиничних силових факторів.

Враховуючи, що графіки залежностей $M(z)$ в розрахунках балок на міцність будувалися по точках з кроком Δz , такий же підхід застосували і до залежностей $\bar{M}(z)$ і $\bar{M}'(z)$. Це дозволило замінити інтеграли в формулах (1) і (2) відповідними сумами:

$$\delta_H = \frac{1}{E \cdot J_x} \cdot \sum_{i=1}^n M_i \cdot \bar{M}_i \cdot \Delta z, \quad (3)$$

$$\theta_K = \frac{1}{E \cdot J_x} \cdot \sum_{i=1}^n M_i \cdot \bar{M}'_i \cdot \Delta z, \quad (4)$$

де $i = 1 \dots n$ – номери кроків;

n – кількість кроків на довжині балки;

$M_i, \bar{M}_i, \bar{M}'_i$ – відповідно поточні значення згинальних моментів від заданого навантаження, одиничної сили і одиничного моменту (рис.3).

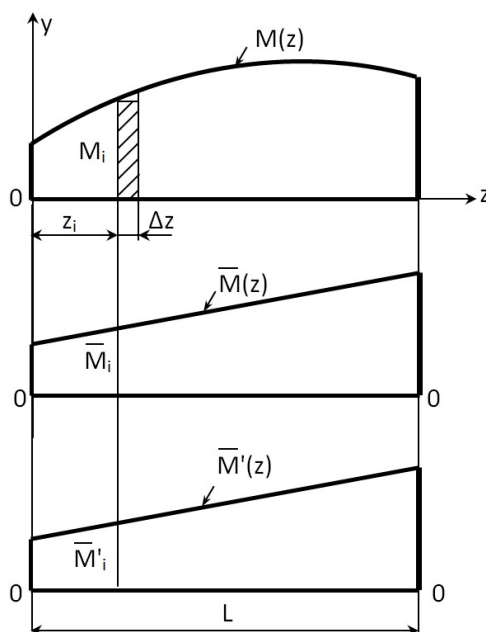


Рис. 3. – Схема к формулам (3) и (4)

Формули (3) і (4) є наближеними, але, враховуючи невелику величину кроків (1 ... 2 см), їх можна вважати досить точними.

Визначення переміщень є логічним продовженням раніше створених програм розрахунку на міцність двотаврових балок, приєднаним до них у вигляді додаткового розрахункового блоку. Для активації цього блоку необхідно ввести в доповнені програми відстані від лівого кінця балки до точок, в яких визначаються переміщення, – ℓ_H і ℓ_K .

Поряд з визначенням лінійних і кутових переміщень в окремих точках балок доповнені програми дозволяють також будувати графіки цих переміщень по довжині балок. Для цього слід вказати відповідні інтервали: $0 \leq \ell_H \leq L$ і $0 \leq \ell_K \leq L$.

Роботу доповнених програм оцінювали в серії розрахунків двотаврових балок різних типів зі сталі Ст.3 (рис. 4 – 6). У цих розрахунках прийняті: третя теорія міцності, $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$, $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. В якості ілюстрації роботи однієї з таких програм далі наведено комп'ютерний варіант розрахунку двохопорної балки, показаної на рис. 4.

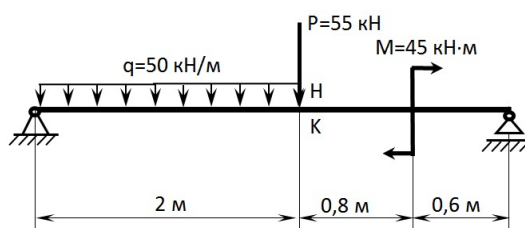


Рис. 4. – Схема двохопорної балки

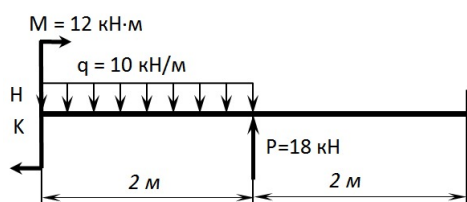


Рис. 5. – Схема консольної балки с опорою справа

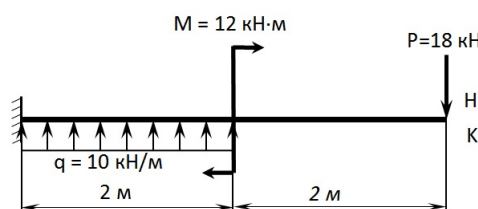


Рис. 6. – Схема консольної балки с опорою зліва

Для оцінки доповнених програм виконували також відповідні «ручні» розрахунки за традиційними методиками опору матеріалів [1].

Результати обох серій розрахунків, представлених в таблиці 1, свідчать про цілком достатню точність доповнених програм, практично не відрізняється від точності відповідних «ручних» варіантів розрахунку.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз варіантів розрахунку

Значення величин	Комп'ютерні розрахунки			Традиційні розрахунки		
	Балка, рис. 4	Балка, рис. 5	Балка, рис. 6	Балка, рис. 4	Балка, рис. 5	Балка, рис. 6

Номер двотавра	27а	14	27а	27а	14	27а
δ_H , мм	-5,986	-50,000	-37,200	-5,989	-50,117	-37,213
Θ_K , град	-0,124	-0,467	0,808	-0,124	-0,467	0,806

Приклад. Для заданої двохопорної балки (рис.4) визначити номер двотавра, достатній для забезпечення її повної міцності.

Рішення.

1. Введення зосереджених сил, моментів пар сил і їх розташування:

Введіть зосереджені сили P , їх розташування d , моменти пар сил M та їх розташування c

$$P := \begin{pmatrix} -55 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad d := \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ m} \quad M := \begin{pmatrix} 45 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ kN}\cdot\text{m} \quad c := \begin{pmatrix} 2.8 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ m}$$

2. Введення довжини балки, розташування опор на ній, розподілених навантажень, їх розташування і протяжності:

Введіть розподілені навантаження q , їх розташування a , протяжність b , довжину балки L та розташування опор на балці l_1 та l_2

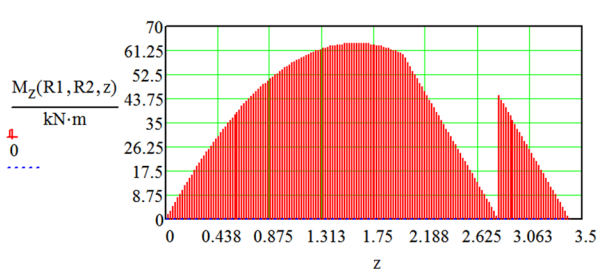
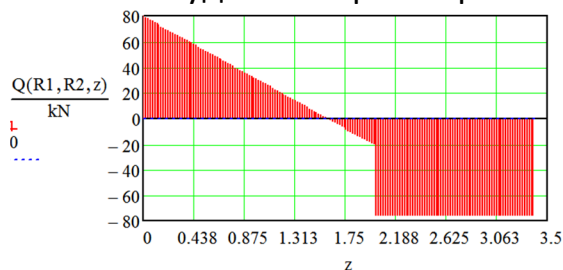
$$q := \begin{pmatrix} -50 \\ 0 \end{pmatrix} \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad a := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ m} \quad b := \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ m} \quad L := 3.4 \text{ m} \quad l_1 := 0 \text{ m} \quad l_2 := 3.4 \text{ m}$$

3. Знаходження опорних реакцій балки:

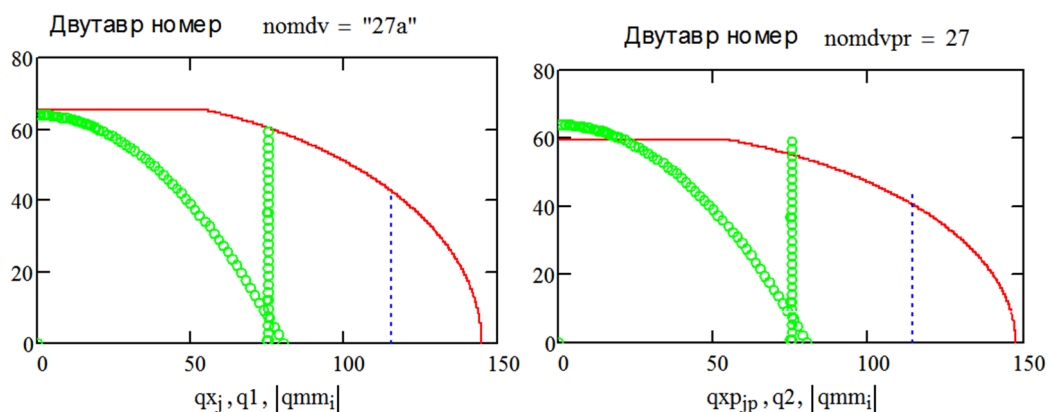
$$R_2 := \frac{1}{(l_2 - l_1)} \left[\sum_{i=1}^{\text{rows}(M)} M_i - \sum_{i=1}^{\text{rows}(P)} [P_i \cdot (d_i - l_1)] - \sum_{i=1}^{\text{rows}(q)} \left[q_i \cdot b_i \cdot \left(a_i + \frac{b_i}{2} - l_1 \right) \right] \right] = 7.5 \times 10^4 \text{ N}$$

$$R_1 := \frac{1}{(l_2 - l_1)} \left[- \sum_{i=1}^{\text{rows}(M)} M_i + \sum_{i=1}^{\text{rows}(P)} [P_i \cdot (d_i - l_2)] - \sum_{i=1}^{\text{rows}(q)} \left[q_i \cdot b_i \cdot \left(l_2 - a_i - \frac{b_i}{2} \right) \right] \right] = 8 \times 10^4 \text{ N}$$

4. Побудова епюр поперечних сил і згинальних моментів:



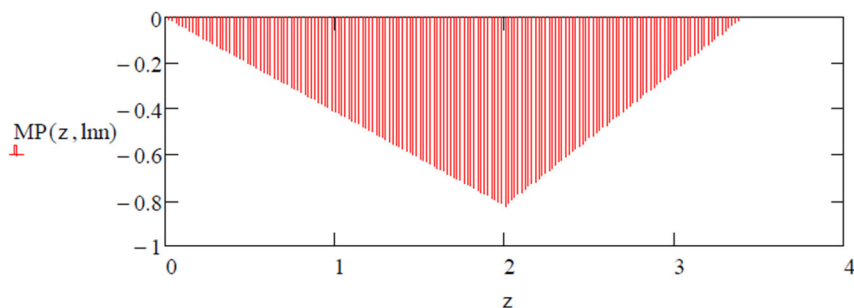
5. Визначення необхідного номера двотавра і порівняння з попереднім номером двотавра:



6. Залежності згинального моменту від положення одиничної сили і координати z перерізу балки:

$$\begin{aligned}
 MP1(z, lnn) &:= \begin{cases} z - lnn & \text{if } (z > lnn) \wedge (z \leq l_1) \\ (z - lnn) - \frac{(l_2 - lnn)}{(l_2 - l_1)} \cdot (z - l_1) & \text{if } (z > l_1) \wedge (z \leq l_2) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\
 MP2(z, lnn) &:= \begin{cases} -\frac{(l_2 - lnn)}{l_2 - l_1} \cdot (z - l_1) & \text{if } (z > l_1) \wedge (z \leq lnn) \\ -\frac{(l_2 - lnn)}{l_2 - l_1} \cdot (z - l_1) + (z - lnn) & \text{if } (z > lnn) \wedge (z \leq l_2) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\
 MP3(z, lnn) &:= \begin{cases} \frac{(lnn - l_2)}{l_2 - l_1} \cdot (z - l_1) & \text{if } (lnn \geq l_1) \wedge (z \leq l_2) \\ lnn - z & \text{if } (z > l_2) \wedge (z \leq lnn) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\
 MP(z, lnn) &:= \begin{cases} MP1(z, lnn) & \text{if } (lnn \geq 0) \wedge (lnn \leq l_1) \\ MP2(z, lnn) & \text{if } (lnn > l_1) \wedge (lnn \leq l_2) \\ MP3(z, lnn) & \text{if } (lnn > l_2) \wedge (lnn \leq L) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}
 \end{aligned}$$

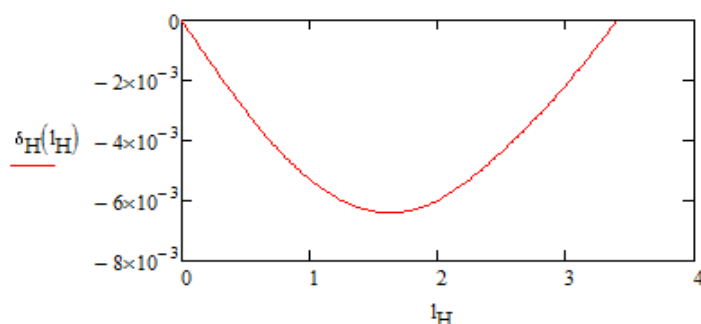
7. Побудова епюри згинальних моментів при навантаженні балки одиничною силою в точці H :



8. Знаходження прогину δ_H в заданій точці балки:

$$\begin{aligned}
 E &:= 2 \cdot 10^{11} \cdot \frac{N}{m^2} & J_x &:= 5500 \cdot 10^{-8} m^4 & lnn &= 2 m \\
 \delta_n(lng) &:= \frac{1}{E \cdot J_x} \int_0^L MP(z, lng) \cdot M_z(R1, R2, z) dz & \delta_n(lnn) &= -5.98562037 \times 10^{-3} m
 \end{aligned}$$

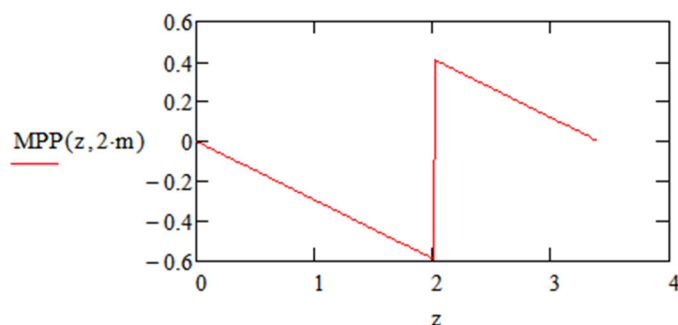
9. Побудова графіка зміни величини δ_H уздовж довжини балки:



10. Залежності згинального моменту від координати перерізу балки z і положення одиничного моменту ℓ_k :

$$\begin{aligned}
 \text{MPP1}(z, \text{lnn}) &:= \begin{cases} 1 & \text{if } (z > \text{lnn}) \wedge (z \leq l_1) \\ 1 - \frac{1}{l_2 - l_1} \cdot (z - l_1) & \text{if } (z > l_1) \wedge (z \leq l_2) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & \text{MPP2}(z, \text{lnn}) &:= \begin{cases} \frac{-1}{l_2 - l_1} \cdot (z - l_1) & \text{if } (z > l_1) \wedge (z \leq \text{lnn}) \\ \frac{-1}{l_2 - l_1} \cdot (z - l_1) + 1 & \text{if } (z > \text{lnn}) \wedge (z \leq l_2) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\
 \text{MPP3}(z, \text{lnn}) &:= \begin{cases} \frac{-1}{l_2 - l_1} \cdot (z - l_1) & \text{if } (z \geq l_1) \wedge (z \leq l_2) \\ -1 & \text{if } (z > l_2) \wedge (z \leq \text{lnn}) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & \text{MPP}(z, \text{lnn}) &:= \begin{cases} \text{MPP1}(z, \text{lnn}) & \text{if } (\text{lnn} \geq 0) \wedge (\text{lnn} \leq l_1) \\ \text{MPP2}(z, \text{lnn}) & \text{if } (\text{lnn} > l_1) \wedge (\text{lnn} \leq l_2) \\ \text{MPP3}(z, \text{lnn}) & \text{if } (\text{lnn} > l_2) \wedge (\text{lnn} \leq L) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}
 \end{aligned}$$

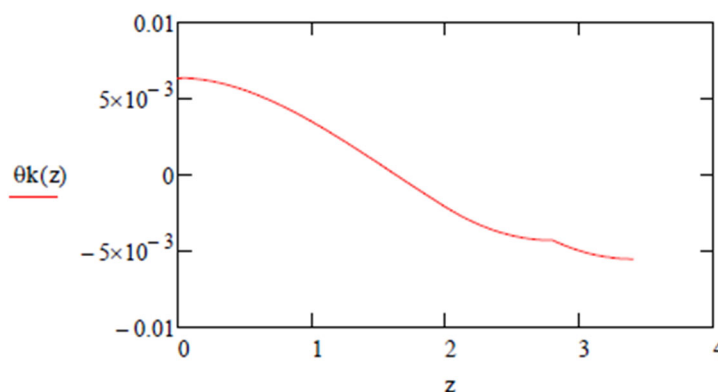
11. Побудова епюри згинальних моментів при навантаженні балки одиничним моментом в точці K:



12. Знаходження кута повороту перерізу θ_k в заданій точці балки:

$$\theta_k(\text{lngt}) := \frac{1}{E J_x} \cdot \int_0^L \text{MPP}(z, \text{lngt}) \cdot M_z(R1, R2, z) dz \quad \theta_k(2.m) = -2.1635507 \times 10^{-3}$$

13. Побудова графіка зміни величини θ_k уздовж довжини балки :



Висновок. Розроблено додатковий розрахунковий блок до раніше створених комп'ютерних програм спрощеного розрахунку на міцність статично визначених двохпорних і консольних двотаврових балок.

Розроблений блок дозволяє визначати методом Мора лінійні і кутові переміщення в заданих точках балок і будувати їх графіки.

Доповнені програми пройшли успішну апробацію в серії розрахунків двотаврових балок різних типів, продемонструвавши свою працездатність і ефективність. У порівнянні з «ручними» методами розрахунків вони суттєво спрощують і прискорюють процес обчислень, не зменшуючи при цьому його точність.

Впровадження доповнених програм у навчальний процес надасть студентам нові можливості у формуванні у них професійних навичок. Зазначені програми як досить простий розрахунковий засіб буде корисним і для фахівців-практиків при вирішенні ними реальних технічних завдань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кутовий Л.В., Овчаренко В.А., Холодняк Ю.С., Соломін М. О., Деньщиков О. Ю. Збірник розрахунково-графічних завдань з курсу «Опір матеріалів» (для студентів всіх механічних спеціальностей денної форми навчання): навч. посіб. Краматорськ: ДДМА, 2007. 220 с.
2. Холодняк Ю.С., Периг А.В. , Матвеев И.А. О методике изложения вопросов прочности двутавровой балки. Современное образование и интеграционные процессы: сб. науч. тр. Краматорск: ДГМА, 2012. С. 351 – 362.
3. Холодняк Ю.С., Периг А.В. , Матвеев И.А. Совершенствование методики прочностного расчёта двутавровой балки и её изложения в курсах технических дисциплин. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Пермь: ПНИПУ, 2012. С. 77 – 90.
4. Холодняк Ю.С., Костіков А.А., Подлесний С.В., Капорович С.В. Про комп'ютерні програми до спрощеної методики комплексної оцінки міцності двотаврових балок. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: зб. наук. пр. Краматорськ: ДДМА, 2019. № 3 (47). С. 72 – 81.

5. Kholodnyak Yu.S., Kostikov A.A., Podlesnyi S.V., Kaporovitch S.V. About computer programs for simplified methodology of complex assessment of strength of two – beam beams. Перспективні технології та прилади: зб. наук. пр. Луцьк: ЛНТУ, 2019. №15. С.99 – 108.

6. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Є. С. Уманський Є. С. Опір матеріалів: підручник для ВНЗ. К.: Вища школа, 2004. 655 с.

УДК 629.021: 629.026

ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ВИДІ ПАЛИВА ТА ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ

В.В. Кривда

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

Анотація. У роботі наведено аналіз транспортних засобів на альтернативних видах палива, включаючи транспорт, що працює в комплексі на декількох видах палива, гібриди, електромобілі, автомобілі на водневому паливі.

Ключові слова: автомобіль, транспортний засіб, гібрид, альтернативна енергія, паливо.

VEHICLES WITH AN ALTERNATIVE FUEL FORECAST AND IT DEVELOPMENT

V.V. Krivda

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

Abstract. The paper provides an analysis of vehicles using alternative fuels, including vehicles operating in a complex on several types of fuel, hybrids, electric vehicles, cars on hydrogen fuel.

Keywords: car, vehicle, hybrid, alternative energy, fuel.

Вступ. Світова тенденція розвитку автомобільного транспорту все напогливіше диктує нам перехід на альтернативні види палива. Це обумовлено екологічними, естетичними, моральними та іншими нормами. Однак, виробники традиційних видів палива всіляко штучно гальмують процес переходу, зважаючи на різні інтереси.

За останніми даними світовий запас нафти складає 1, 726 трлн барелів, яких вистачить при нинішньому рівні споживання на 53 роки. Однак, не можна говорити, що нафта закінчується. У підрахунку використовуються «доведені запаси», а саме кількість вуглецю, яку можна добути за умов існуючого технологічного рівня, при цьому отримуючи прибуток.

Термін в 53 роки не остаточний і може змінюватися. виправити ситуацію здатне застосування технології гідравлічного розриву пласта, що дозволяє добувати вуглець з нерентабельних свердловин і там, де традиційні методи незастосовні.

Дані технології з видобутку нафти в значній мірі несприятливо впливають на екологічний стан планети, так само, як і експлуатація транспорту на традиційному виді палива. Ресурсне виснаження планети може призвести до глобальної екологічної катастрофи.

Незважаючи на світові обставини видобутку і виробництва вуглеводневого палива, розвиток технологій зі створення автотранспортних засобів, які працюють на альтернативних видах палива, все більше набирає популярності, наприклад, світовий виробник електромобілів марки TESLA, автомобілі якого досить активно увійшли в громадськість. На ряду з автомобілями TESLA пропонує використання сонячної енергії як джерела забезпечення житла, що сприяє поліпшенню екологічної обстановки, при малих затратах ресурсів.

Мета роботи. Аналіз існуючих транспортних засобів, що працюють на різному виді палива, для оцінки ефективності використання певного виду палива в силових агрегатах.

Матеріал і результати досліджень.

У розвинених країнах вже не одне десятиліття працює програма чистого транспорту, раніше відома як «Програма технологій альтернативного і поновлюваного палива і транспортних засобів».

Енергетична комісія щорічно інвестує до 100 мільйонів доларів в проекти, які підтримують впровадження більш екологічно чистих транспортних засобів, що працюють на альтернативних і поновлюваних видах палива. Так, дана програма спрямована на впровадження в експлуатацію «енергетично чистого» транспорту, такого, як:

1. Електромобілі, які мають багато переваг перед традиційними двигунами внутрішнього згоряння, включаючи нульові викиди з вихлопної труби;

Електропривод протягом досить тривалого часу широко застосовується для масових перевезень пасажирів і вантажів по рейках (залізничний транспорт, міський масовий транзит - метрополітен, трамваї, тролейбуси), рис. 1.

Однак, інтерес до використання електроенергії в індивідуальному транспорті, здатному конкурувати з легковим автомобілем на ДВЗ, виник лише

пару десятиліть тому. До сих пір основні труднощі застосування електроенергії в легковому автотранспорті полягали у відсутності дешевих і енергетично ефективних накопичувачів електроенергії. Прогрес в області створення електроаккумуляторів для електромобілів дозволив знизити вартість електроаккумуляторів і збільшити дальність пробігу на одній зарядці до 400-500 км, що наблизив електромобіль до ДВЗ. Одночасно відбулося зниження вартості електромобіля в порівнянні з традиційним авто на рідкому паливі. Очікується, що в найближчі 10-15 років електромобіль зможе стати цілком конкурентоспроможними з автомобілем на ДВЗ [1].



Рисунок 1 – Міський громадський електротранспорт

2. Іншим напрямком альтернативних технологій на автотранспорті є використання електроенергії, що виробляється в паливному елементі (ПЕ), який працює на водні. Це, по суті, той самий електромобіль, але джерелом електроенергії слугує не електроаккумулятор, що заряджається від традиційної енергетичної системи, а власна "електростанція" на борту автомобіля, що працює на газоподібному або рідкому водні.

В автомобілі з ТЕ найбільш проблемними чинниками залишаються: 1) вартість водню і пов'язана з ним інфраструктура виробництва, доставки і зберігання,

2) ступінь досконалості ТЕ як енергетичної машини,

3) зберігання водню на борту автомобіля.

Паливні елементи. Основні перспективи водню як енергоносія пов'язані з використанням ТЕ. Існують можливості застосування водню в «числих» процесах горіння з отриманням теплового ефекту і води, як продукту горіння, хоча вони навряд чи мають перспективи для масового використання. ТЕ є електрохімічним джерелом електричного струму, в якому здійснюється процес прямого перетворення енергії палива і окислювача, що наближається до електродів, безпосередньо в електричну енергію, міняючи традиційні процеси горіння палива, що супроводжуються великими втратами енергії.

За енергетичною ефективністю водневий автомобіль з ТЕ є ненабагато ефективнішим за ДВЗ. Так, повна енергоефективність ТЕ при отриманні газоподібного H_2 електролізом від енергосистеми складає близько 20-25% (так само і для зрідженого H_2 , не перевищує 20%). Для порівняння ККД найефективнішого дизельного автомобіля з турбонаддувом і проміжним охолодженням не перевищує 50%, а для бензинового - 30% і нижче.

Електромобілі на водневих паливних елементах, платформу якого зображено на рис. 2, мають нульові викиди з вихлопної труби і можуть працювати на поновлюваному водні;

водень (H_2) – як альтернативне моторне паливо часто згадується як джерело енергії майбутнього. Водень складає 75% всесвіту. У природі він знаходиться в основному в зв'язаному стані. В результаті горіння водню є тільки енергія і вода.

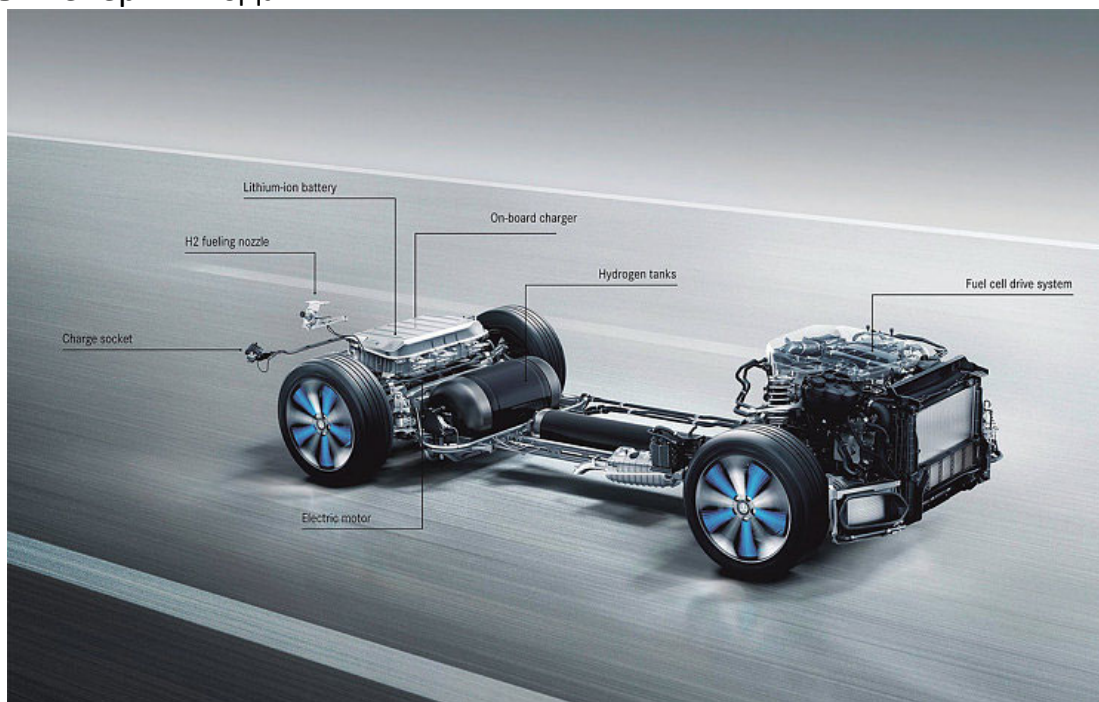


Рисунок 2 – Платформа автомобіля на водневому паливі компанії Mercedes

Запаси водню в навколишньому середовищі суттєві. У зв'язаному вигляді він знаходиться у воді (H_2O), вуглеводнях (таких як метан, CH_4 , сира нафта) та інших органічних речовинах. Одна з проблем використання водню в якості палива полягає в можливості ефективно виділяти його з цих сполук. Існує кілька способів отримання водню в промислових масштабах: паровий риформінг метану, шляхом газифікації вугілля, електролізом води, термохімічним розкладанням води і т.п. Водень перетворюється в електроенергію в електрохімічних генераторах (паливних елементах - ТЕ). ТЕ більш ефективні, ніж звичайні ДВЗ, і не спричиняють викиди вихлопних газів - вони лише виділяють водяну пару [1].

3. Автомобілі, що працюють на природному газі, є чистою альтернативою бензиновим і дизельним автомобілям рис.3. Автомобіль, що працює на природному газі, використовує стиснений природний газ або зріджений природний газ замість нафти і дизельного палива, що забезпечує значне скорочення викидів парникових газів і забруднення повітря при використанні чистих відновлюваних видів палива;



1



2

Рисунок 3 – Транспортні засоби, що працюють на природному газі
(1 – легковий автомобіль компанії Mercedes, 2 – вантажний автомобіль компанії IVECO)

У табл. 1 наведено дані стану автопарку газифікованих автомобілів в ряді країн. Більше половини світового парку газифікованих автомобілів знаходиться в країнах Азії (Китай, Іран, Індія) і Південної Америки (Аргентина, Бразилія). З європейських країн найбільше виділяється Італія, де експлуатуються понад 1 млн. газифікованих автомобілів.

Таблиця 1 - Країни з найбільшими парками газифікованих автомобілів [2]

Кількість авто на природному газі, газифікованих автомобілів, тис. (%)			Насичення внутрішнього ринку газифікованими автомобілями, тис. (%)		
Китай	8350	21,3%	Вірменія	300	69%

Іран	4502	17,9%	Болівія	400	52%
Індія	3079	12,2%	Пакистан	3000	33%
Пакистан	3000	11,9%	Іран	4502	32%
Аргентина	2295	9,1%	Узбекистан	480	23%
Бразилія	1791	7,1%	Бангладеш	220	11%
Італія	1004	4,0%	Перу	256	10%
Колумбія	572	2,3%	Аргентина	2295	10%
Таїланд	474	1,9%	Грузія	80	8%
Узбекистан	450	1,8%	Колумбія	572	5%

Природний газ – це найбільш вагома альтернатива рідких моторних палив нафтового походження. В Україні парк автомобілів, що працюють на (стислому) природному газі становить близько 75 тис. автомобілів [2]. У найближчій перспективі він повинен істотно вирости, головним чином за рахунок збільшення частки комерційної та комунальної техніки, що працює на природному газі. Саме на цьому виді автотранспортної техніки використання газового палива як комплексного, буде найбільш ефективним. В останні роки автовиробники, в тому числі і вітчизняні, почали виробництво автомобілів і автобусів з газовими двигунами, створених на базі дизельних двигунів. Однак, незаперечним залишається факт, що АТС з газовими двигунами мають гірші показники з експлуатаційної витраті палива в порівнянні з гібридними двигунами. З огляду на те, що питання економічної доцільності при переході на альтернативні види палива мають першорядне значення, досягнення високої паливної економічності гібридних автомобілів є непорушною умовою успіху в справі розширення застосування газових палив. Визначення оптимальних законів керування робочим процесом через конструктивні і регульовальні параметри двигуна при конвертації його в газовий з метою досягнення найкращої паливної економічності спільно з генераторної установкою і є однією з основних проблем сьогодишнього двигунобудування.

4. Автомобілі на біопаливі, де перехід на екологічно чисте спалювання і низьковуглецеве біопаливо є важливою частиною досягнення цілей зі скорочення викидів парникових газів, поліпшенню якості повітря і зниження залежності від палива на основі нафти.

Біоетанол. Однією з різновидів рідких біопалив є біоетанол рис.4, одержуваний шляхом біологічної конверсії культур з високим вмістом цукрів або крохмалю, наприклад, з цукрової тростини або буряку. В процесі нагрівання подрібнених цукровмісних продуктів екстрагується сахароза, яка потім метаболізується дріжджовими клітинами, ферментується в гексози, тобто прості вуглеводи (моносахариди - глюкозу, фруктозу та ін.).



Рисунок 4 – Біоетанол

Етанол - спирт, який є рідким у природних умовах, і застосовується в багатьох країнах світу як паливо. Його можна використовувати в сумішах з бензином в існуючих транспортних засобах з невеликою модифікацією двигуна внутрішнього згоряння. Це чисте високооктанове паливо, хоча його енерговміст становить всього близько 65% від бензину. Спалювання етанолу призводить до зниження викидів твердих частинок, вуглеводнів і окису вуглецю.

В якості сировини для отримання етанолу найбільш часто використовуються кукурудза (США), пшениця (Європа) і цукрова тростина (Бразилія).

У табл. 2 наведено основні відомості про ефективність отримання біоетанолу з ряду культур масового виробництва.

Принципово новим двигуном є електромотор, де використовується сила трансформації електроенергії в механічну роботу. При цьому джерелами електроенергії можуть бути: електроенергія, що виробляється за межами автомобіля на електростанціях і зберігається в електроаккумуляторах (електромобіль); електроенергія з водню, вироблена за межами автомобіля з традиційних палив; мережева електроенергія або енергія на базі поновлюваних джерел енергії, що зберігається на борту автомобіля в спеціальних ємностях в стислому або зрідженому вигляді і трансформується на борту автомобіля в електроенергію в електро-хімічних генераторах [4-6].

Таблиця 2 - Основні джерела сировини для отримання біоетанолу [3]

Показники процесу	Кукурудза	Пшениця	Цукрова тростина
Вихід етанолу, л / т	400 - 425	390 - 470	76 - 96
Ціни на сировину (2012 р), дол. / т	235 - 310	249 - 361	35 – 45

Вартість сировини в біоетанолі, дол. / л бензинового еквіваленту	0,83 – 1,18	0,85 – 1,39	0,55 – 0,89
---	-------------	-------------	-------------

В останні роки в Європі серйозно проявляється тенденція на скорочення застосування двигунів внутрішнього згоряння. Так, в 2017 р парламент Франції проголосував за заборону на видобуток природного палива в країні і на всіх її територіях до 2040 року. Французький уряд заявив, що планує заборонити продаж всіх бензинових і дизельних автомобілів до 2040 р., як відповідь на досягнення цілей кліматичної угоди в Парижі (2015 г.). Великобританія також заявила про плани заборонити продаж нових бензинових і дизельних автомобілів, починаючи з 2040 р. Передбачається, що до 2050 р весь автопарк легкових автомобілів в цих країнах матиме нульові викиди вуглецю. Аналогічну позицію займає і Німеччина. У жовтні 2017 р Бундесрат Німеччини прийняв резолюцію про заборону автомобілів з ДВЗ з 2030 р. У Норвегії заборона на традиційні автомобілі настане набагато швидше. До 2025 року всі нові легкові автомобілі і фургони, експлуатовані в цій країні повинні мати нульові викиди. Країна вже пройшла значний шлях до відмови від ДВЗ: в 2016 р близько 40% всіх проданих у Норвегії автомобілів мали електричні або гібридні двигуни. У найближчому майбутньому в Данії, Ірландії, Нідерландах, Іспанії та Португалії розпочнеться інтенсивний перехід на електромобілі [7, 8].

Це гарна новина для автовиробників. Шведський автовиробник Volvo, враховуючи позицію багатьох європейських країн, влітку 2018 р виступив із заявою про те, що до 2019 року він припинить проектування автомобілів з ДВЗ. Hyundai Motor була піонером водневої індустрії на базі паливного елемента в автомобілях. Цю ініціативу було розпочато ще в 1990-х роках корейцями, коли вартість виготовлення одного ТЕ була настільки високою, що роздрібна ціна кожного транспортного засобу на водні перевищувала 1 млн. доларів. Але негативне ставлення до водню тодішнього міністра енергетики ЗША Стівена Чу сприяло переорієнтації американського ринку на електромобілі. Це змусило Hyundai переключитися на Європу, де з'явився інтерес до альтернативних палив, і де ЄС вже прийняв водневу дорожню карту для своїх країн-членів. До теперішнього часу вартість автомобіля з ТЕ скоротилася до кількох десятків тис. дол. В даний час в Європі, крім станцій зарядки електромобілів, будуються водневі заправні станції.

Аналогічна стратегія спостерігається і в країнах, що розвиваються. Так, передбачається, що до 2030 р продажі нових легкових автомобілів в Індії будуть обмежені тільки електромобілями. У Китаї поставлено завдання досягти до 2025 року 20% електромобілів в чисельності парку легкових автомобілів [9-12].

Оскільки подальше зростання показників ефективності двигуна внутрішнього згоряння практично вичерпано, то зниження витрат палива можливо за рахунок зменшення ваги автомобіля і підвищення аеродинамічних властивостей кузову.

Висновок. Електромобілі – це рішення глобальної екологічної проблеми. Перший електромобіль у вигляді візку з електромотором було створено в 1841 р. Однак, цей напрямок тоді не отримав розвитку у зв'язку із технічними і економічними причинами. Інтерес до впровадження електроенергії на автотранспорті з'явився в останні двадцять років у зв'язку з вимогами захисту навколишнього середовища. Фактично – електромобіль є класичним транспортним засобом, що приводиться в рух за допомогою електродвигуна, живлення якої лягає на силові акумулятори. Зарядку електроакумуляторів можливо здійснювати зі звичайної побутової мережі.

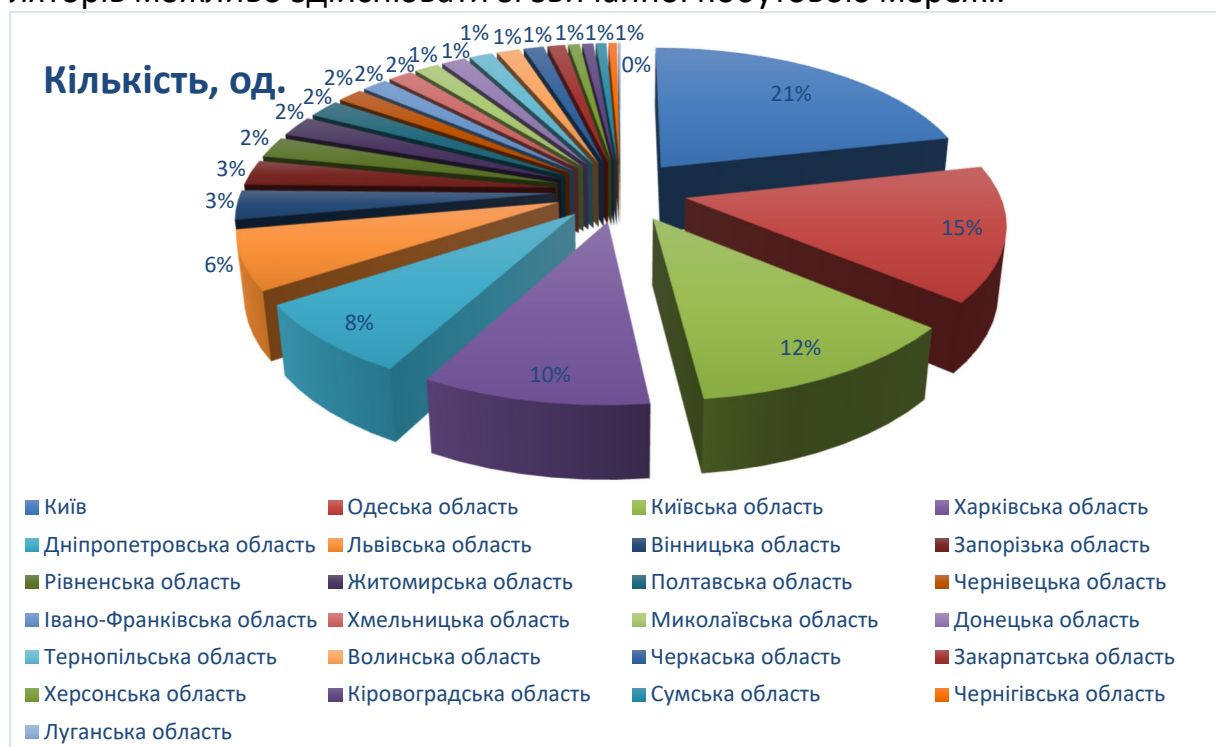


Рисунок 5 – Статистика зареєстрованих електромобілів по регіонах України

На рисунку 5 наведена статистика «Регіональна статистика зареєстрованих електромобілів в Україні» [13]. Головний сервісний центр МВС України у співпраці з Міністерством інфраструктури надав регіональну статистику всіх зареєстрованих чистих електромобілів станом на 16 вересня 2020 року.

Найбільш електромобільними регіонами як і раніше залишаються Київська, Одеська та Харківська область, де зареєстровано відповідно 3490, 2873 і 2330 електромобілів. Безальтернативним лідером за кількістю зареєстрованих «електричок» залишається Київ, де число електрокарів досягло 5126

одиниць. Сумарна кількість електромобілів в Україні згідно з опублікованими даними становить 23 872.

З кожним місяцем електромобільний ринок України додає кількість зареєстрованих транспортних засобів з електроприводом, збільшуючи загальну кількість екологічного транспорту на дорогах країни. У липні 2020 року кількість електромобілів і гібридів в Україні збільшилася ще на 1999 автомобілів в пропорціях 827 - чистих електромобілів і 1172 – гібридів всіх типів.

Відзначимо, що в силу сезонних особливостей кількість реєстрацій в літні місяці звичайно нижче середньорічних показників, проте липневі продажі близькі до показників травня і перевищують продажі червня. З огляду на останні дані загальна кількість електрифікованих автомобілів в Україні зросла до 45881 одиниць.

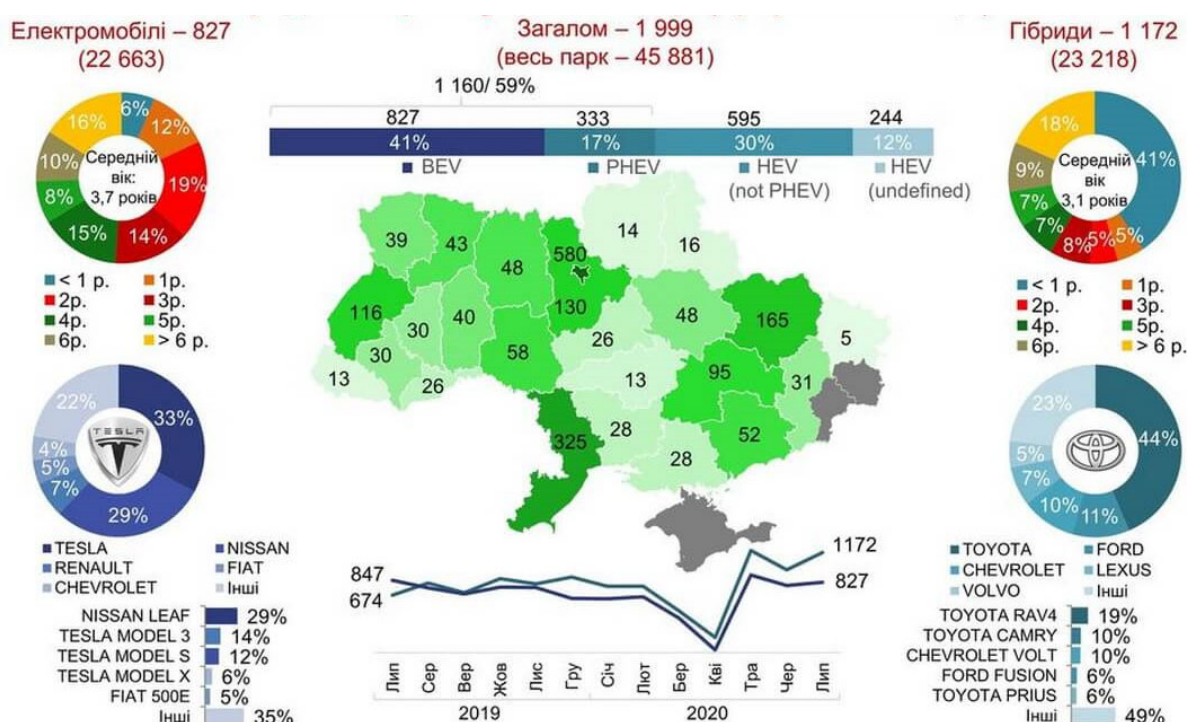


Рисунок 6 – Реєстрація легкових і легкових комерційних автомобілів і гібридів в Україні на 07.2020 р (приріст за місяць)

Найбільш затребуваним брендом серед електромобілів в липні 2020 року є Tesla, при цьому найбільш продаваною моделлю залишається Nissan Leaf, на який припало 29% від загального продажу електрокарів. Серед гібридів незмінним лідером залишається Toyota, чий кросовер RAV4 займає 19% від всього «гібридного» ринку.

Регіонально з продажу електрокарів і гібридів першість утримують Київська, Одеська, Львівська та Харківська області, де основні продажі забезпечують столиця і обласні центри.

Станом на липень 2020 року середній вік електромобілів, що купуються в Україні, становить 3,7 років, «гібридні» автомобілі загалом молодші, і їх середній вік становить 3,1 року, при цьому в липні ці показники скоротилися на 4 місяці, багато в чому за рахунок того, що нових гібридів набуває помітно більше, ніж електрокарів.

В результаті проведеного аналізу очевидно, що на сьогоднішній день найбільш оптимальними варіантами використання транспортних засобів на альтернативному виді палива є кілька варіантів виконання електромобілів. До них можна віднести гібридні автомобілі, які можуть експлуатуватися без підзарядки від мережі. Силові акумулятори таких автомобілів, як правило, заряджаються від рекуперації при гальмуванні автомобілю. Електродвигуни гібридів встановлюються на додаток до двигунів внутрішнього згоряння.

Також до доповнень гібридних автомобілів можна віднести автомобіль, що приводиться в рух електромотором, на додаток до якого встановлюється ДВЗ для забезпечення харчування акумуляторів. Такі автомобілі мають можливість заряджатися від мережі.

До наступних різновидів оптимальних електромобілів в сучасних умовах експлуатації слід віднести повністю електричний автомобіль, який живиться як від мережі, так і за допомогою рекуперації при гальмуванні.

Наряду з електромобілями оптимальним є варіант використання в автомобілях альтернативних джерел енергії, наприклад, водню. За енергетичними характеристиками 1 кг водню еквівалентний по енергії 2,8 кг бензину, але в одиниці об'єму водню міститься тільки 30% від енергії бензину.

Таким чином, водень має перевагу для застосування там, де вага має більше значення, ніж габарити (розміри) ємності, в якій він зберігається.

Також перевагою електромобілів на відміну від автомобіля з ДВЗ перетворення енергії в самому електромобілі відбувається з високим ККД (до 85-90%).

ЛІТЕРАТУРА

1. «Эффективность альтернативных топлив и технологий в развитии пассажирского автотранспорта в средне- и долгосрочной перспективе» Проект № 1702-00397-ОГН\18). Синяк Ю.В. (ИНП РАН)
2. NGV Global Knowledge, Current Natural Gas Vehicle Statistics, <http://www.iangv.org/currantngv-stats/>
3. <http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-40518293>
4. <http://www.bbc.co.uk/news/uk-40723581>
5. <https://www.forbes.com/sites/frankahrens/2017/12/22/2017-the-year-europe-got-serious-about-killingthe-internal-combustion-engine/#1323223b2ff0>
6. <http://fortune.com/2016/06/04/norway-banning-gas-cars-2025/>

7. EVT – Electric Vehicle Transportation Center. Electric Vehicle Life Cycle Cost Assessment, Sept. 2014
8. <http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-40518293>
9. <http://www.bbc.co.uk/news/uk-40723581>
10. <https://www.forbes.com/sites/frankahrens/2017/12/22/2017-the-year-europe-got-serious-about-killing-the-internal-combustion-engine/#1323223b2ff0>
11. <http://fortune.com/2016/06/04/norway-banning-gas-cars-2025/>
12. Does a Hydrogen Economy Make Sense?. Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No. 10, October 2006.
13. <https://hevcars.com.ua/reviews/nazvano-tochnoe-kolichestvo-elektromobilej-po-regionam-ukrainy>

УДК 629.3.082.3

ОСНОВНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

А.В. Малієнко¹, І.М. Луценко², С.О. Федоряченко³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри системного аналізу і управління, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: andrei.malienko@gmail.com

²кандидат технічних наук, професор кафедри електроенергетики, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: lutsenkoin@gmail.com

³кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: serg.fedoryachenko@gmail.com

Анотація: В даній роботі представлені основні методи багатократного покриття множин для моделювання і розв'язання задач оптимального розміщення ЗСЕ (зарядних станцій електромобілів).

Ключові слова: зарядна станція, математична модель, методи оптимізації.

GENERAL METHODS AND MODELS OF EV CHARGING STATIONS OPTIMAL LOCATIONS

A. Malienko¹, I. Lutsenko², S. Fedoriachenko³

¹Ph.D., Associate Professor of the Department of System Analysis and Control, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine e-mail: andrei.malienko@gmail.com

²Ph.D., Professor of the Power Engineering Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine e-mail: lutsenkoin@gmail.com

³ Ph.D., Department of Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine e-mail: serg.fedoryachenko@gmail.com

Abstract. This paper presents the main methods of multiple set coverage for modeling and solving problems of optimal placement of charging stations of electric vehicles.

Keywords: charging station, mathematical model, optimization methods.

Вступ. Оптимальне розташування станцій надання послуг зарядки електромобілів є актуальним та потребує сучасних методів розрахунку та оптимізації за допомогою новітнього математичного апарату. Існує багато моделей задач оптимального покриття множин та не менша кількість методів їх розв'язку. Аналіз їх використання та вибір оптимальних дуже актуально в сучасному світі економічних відносин.

Мета роботи. Аналіз основних методів та алгоритмів знаходження оптимального радіуса для багатократного покриття обмеженої області обслуговування зарядної станції електромобілів.

Основний матеріал. Задачі k -кратного покриття виникають при розміщенні об'єкт, зоною обслуговування яких виступає «коло». При цьому відстань від центру «кола» до споживача вимірюється по існуючих дорогах, а не як довжина відрізка, що з'єднує їх. Як приклади таких задач оптимального покриття можуть виступати:

- Задача розміщення центрів служб надзвичайних ситуацій;
- Задача розміщення пунктів зберігання нафто-або газовидобутку, в якій важливо розмістити ці пункти так, щоб якомога швидше доставляти речовину в потрібну точку. Істотним у цій задачі є умова, що якщо в найближчому пункті необхідної речовини не опиниться в наявності, то бажано, щоб інший пункт знаходився в межах швидкої доставки. У результаті задача полягає в дворазовому покритті заданої множини споживачів зонами обслуговування окремими центрами зберігання сировини;
- Задача розміщення банкоматів, які бажано розташувати так, щоб клієнт міг дістатися до найближчого з них якомога швидше. Аналогічно умові попередньої задачі, якщо у найближчому банкоматі немає в наявності необхідної суми, або він не працює з технічних причин, то бажано, щоб інший банкомат розташовувався не надто далеко.
- Задача триразового оптимального покриття, що виникає при плануванні розміщення станцій стільникового зв'язку стандарту GSM. При цьому передбачається, що кожен абонент повинен знаходитися в зоні обслуговування, принаймні, трьох базових станцій. Хоча абонента і забезпечує зв'язком найближча до нього станція, в разі її перевантаження обслуговування передається іншій, менш завантаженою станції.

Розглядаючи актуальну задачу розміщення пунктів обслуговування та розміщення ЗСЕ (зарядних станцій електромобілів) [1] теж віднесемо до за-

дачі k -кратного s -кульового покриття обмеженої області і задачі про мінімальне k -кратне s -кульове покриття континуальної множини з розміщенням центрів кіл[2].

Проведемо аналіз та наведемо математичні формулювання задач багатократного покриття обмеженою в E_n області колами мінімального радіуса, використовуючи математичний апарат теорії неперервних задач оптимального покриття множин при визначенні мережі доріг і кінцеву множину пунктів розміщення ЗСЕ.

Зауважимо, що при визначенні відстаней між конкретними об'єктами ЗСЕ використовуємо матриці відстаней, геоінформаційні системи або функції оцінки відстані. Матриці відстаней і геоінформаційні системи складно використовувати для якісного аналізу областей обслуговування окремих станцій - осередків діаграм Діріхле-Вороного. Тому доцільніше для неперервних задач багаторазового покриття множини, до яких віднесемо і задачу розміщення ЗСЕ, використовувати функції для оцінки відстані, які є деякими метриками в просторі E_n , якому належить множина. Найбільш часто використовуються наступні метрики: Евклидова, Манхеттенська, метрика Чебишева, зважена $1p$ -метрика, зважена $1p$ -метрика з можливим поворотом осей координат та інші. Вибір метрики залежить від властивостей множини і від існуючих зв'язків центру з клієнтами.

Існує багато моделей задач оптимального покриття множин та не менша кількість методів їх розв'язку.

Аналіз сучасних робіт показав що сформульована задача Z1 для розміщення ЗСЕ буде звучати таким чином: вибрати розташування N кіл K_j , $1 \leq j \leq N$, однакового радіуса r , що утворюють k -кратне ($1 \leq k \leq N$) покриття множини G таким чином, щоб їх радіус r досягав найменшого можливого значення r_{min} .

Відомі задачі 0-1 мінімального покриття і багатократного покриття як задача Z2 цілочисельного лінійного програмування буде мати вигляд:

$$\min \{cz : Az \geq q, z \in \{0,1\}^n \text{ або } z \in Z^+\};$$

тут cz – скалярний добуток векторів c і z , $A \in m \times n$ – матриця, елементами якої 0 або 1, q - заданий m -мірний вектор, Z^+ – множина цілих невід'ємних чисел.

Неперервна задача k -кратного ($k \geq 1$) покриття площини, n -мірного простору або поверхні сфери колами, сферами або сферичними сегментами відповідно досліджується давно. Важливі результати і докладні огляди по покриттях містяться в. Для покриття окремих фігур (квадрата, трикутника, кола) встановлені екстремальні або передбачувані розташування N кіл, що забезпечують одноразове покриття.

Для одного типу задач при різних метриках запропоновані різні евристичні алгоритми та алгоритми з використанням областей Вороного. Цікавий "інженерний" підхід, заснований на теорії стрижневих структур і температурних розширень і стиснень, запропонований для задачі покриття «В». В деяких роботах було запропоновано максимізувати площу частини області G (- обмежена множина на площині P), що покривається N колами фіксованого радіуса.

Всі зазначені вище алгоритми дозволяють знаходити покриття, в яких радіус r , можливо, досягає локального мінімуму, тобто $r \geq r_{min}$. Є багато методів по покриттях сфери сферичними сегментами найменших радіусів. Деякі з методів покриття сфери можна перенести на випадки покриття частини площини і навпаки.

Багатократні покриття не менш цікаві й важливі, ніж однократні. Для багатократного покриття обмежених множин алгоритми не настільки численні. Алгоритми, що використовують області Вороного, як правило, можна поширити і для k -кратних ($k \geq 1$) покриттів. Задача 0-1 мінімального покриття почала досліджуватися пізніше неперервної задачі, але вже є дуже велика кількість робіт з нею. Серед наближених алгоритмів можна виділити жадібні алгоритм, різні евристичні алгоритми, як правило, теж використовують жадібні процедури, алгоритми ЛП-релаксації та округлення, комбінаторні методи, а також багато інших алгоритмів. У більшості із зазначених методів для вирішення задачі 0-1 мінімального покриття великих розмірностей спочатку вирішується релаксувати задачу, далі будь-яким чином будується задача меншої розмірності, яка вважається ядерною задачею, і остання вирішується точним методом.

Висновки: Математичний апарат та постановка задач теорії оптимального розбиття множин, а також методи їх вирішення які будуть побудовані відповідно за цими методами та алгоритмами можливо використовувати для розрахунку кола розташування ЗСЕ. Розвиток теоретичних та практичних завдань з встановлення ЗСЕ є актуальним для сучасного ринку та економічної складової сучасного ринку електромобільності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Киселева Е.М. , Коряшкина Л.С., Ус С.А. Теория оптимального разбиения множеств в задачах распознавания образов, анализа и идентификации систем М-во образования и науки Украины; Нац. Горн.ун-т. –Д.:НГУ, 2015. –270 с.
2. Малієнко А.В. Математичні моделі задач оптимального розміщення зарядних станцій електромобілів і визначення зон їх обслуговування. Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ITMM'2021: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 16 – 18 березня 2021 р.) / Міністерство освіти і науки України,

Національна металургійна академія України, Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та ін. – Дніпро: НМетАУ, 2021. стр. 253-256 DOI:10.34185/1991-7848.itmm.2021.01.031

УДК 621.316.99

О РАЗМЕРАХ ЗАЕМЛИТЕЛЯ НА КАТЕРЕ

М.Ю. Пустоветов

кандидат технических наук, инженер кафедры технологии машиностроения, Технологический институт (филиал) Донского государственного технического университета, г. Азов Россия, e-mail: mgsn2006@yandex.ru

Аннотация. Нормативные документы, которыми следует руководствоваться инженерно-техническим работникам при реализации того или иного технического решения, содержат директивы, наставления или рекомендации без подробного пояснения причин и механизмов их формирования. Тем не менее, содержание нормативных документов имеет под собой техническую, физическую основу. Автор предлагает пояснения к выбору размеров заземлителя на катере, основанные на расчете сопротивления растеканию тока листового заземлителя.

Ключевые слова: маломерное судно, токонепроводящий корпус, заземлитель, система с изолированной нейтралью.

ABOUT THE SIZE OF THE GROUNDING DEVICE ON THE BOAT

Mikhail Pustovetov

Ph.D., Engineer of Engineering Technology Department, Technological Institute (Branch) of Don State Technical University, Azov, Russia, e-mail: mgsn2006@yandex.ru

Abstract. Regulatory documents that should guide engineering and technical workers in the implementation of a technical solution contain directives, instructions or recommendations without a detailed explanation of the reasons and mechanisms for their formation. Nevertheless, the content of the normative documents has a technical, physical basis. The author offers explanations for the choice of the size of the grounding device on the boat, based on the calculation of the current spreading resistance of the sheet grounding conductor.

Keywords: small vessel, current-insulating hull, earthing device, system with insulated neutral.

Введение. В наши дни широкое распространение получила технология судостроения из пластика. В особенности часто пластиковые корпуса встречаются на маломерных судах (длина не превышает 20 м), в том числе катерах. Как указано в разделе 2.1 [1]: «Защитное заземление — электрическое подсо-

единение оборудования к земле. На борту судна данное подсоединение осуществляется к корпусу судна. Корпус судна — все металлические части судна, имеющие надежное электрическое соединение с наружной металлической обшивкой. Для судов с токонепроводящим корпусом — специальный медный лист площадью не менее $0,5 \text{ м}^2$ и толщиной не менее 2 мм или лист из углеродистой стали площадью не менее $1,5 \text{ м}^2$ и толщиной не менее 6 мм, прикрепленный к подводной части наружной обшивки при осадке порожнем и используемый для заземления всех устройств, имеющих на судне». В разделе 1.2 [2] формулировка аналогична, но упоминается только медный лист с теми же характеристиками (вероятно, в морской воде незащищенный лист из углеродистой стали чрезмерно подвержен коррозии). Поскольку стальному листу предписаны значительные габариты и масса, явно плохо совмещающиеся с понятием маломерного судна, будем далее рассматривать только случай медного листа-заземлителя, значительно более скромного по размерам. Автор столкнулся в своей практике с тем, что даже предписанные размеры медного листа вызывают неприятие у некоторых судостроителей, считающих, что указания в документах [1] и [2] касаются крупных судов, но не относятся к маломерным, для которых заземлитель должен быть существенно меньше.

Цель работы. Привести подкрепленное расчетами обоснование достаточного размера заземлителя катера.

Материал и результаты исследований. Согласно п. 4.4 [3]: «Защитному заземлению подлежит: стационарное электрооборудование с металлическим корпусом, металлические конструкции для защиты подводимых к электрооборудованию кабелей (каналы, трубы, желоба, кожухи), наружные и внутренние металлические оболочки (оплетки) подводимых к электрооборудованию кабелей при рабочем постоянном напряжении более 50 В и переменном напряжении более 30 В». То есть, если на катере установлено электрооборудование с номинальным переменным напряжением 220 В, то его нетоковедущие металлические части подлежат заземлению.

Система питания переменным током на катере, как при работе установленного на борту электрогенератора, так и при работе от береговой сети, является системой с изолированной нейтралью (нейтраль генератора или трансформатора трехфазного переменного тока, средняя точка источника постоянного тока, один из выводов источника однофазного тока не присоединены к заземлителю при помощи заземляющего проводника). Согласно п. 1.7.104 «Заземляющие устройства электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью» [4]: «Как правило, не требуется принимать значение сопротивления заземляющего устройства менее 4 Ом. Допускается сопротивление заземляющего устройства до 10 Ом, если ... мощность генераторов или трансформаторов не превышает 100

кВА». Заметим, что типичная мощность потребителей на борту катера не превышает 5...20 кВА.

Рассчитаем сопротивление растеканию тока заземляющего устройства, представляющего собой лист меди площадью $0,5 \text{ м}^2$ (пусть его размеры таковы: длина $l = 1 \text{ м}$, ширина $b = 0,5 \text{ м}$, заглубление (расстояние от поверхности воды до середины листа, закрепленного на транце катера $t = b/2 = 0,25 \text{ м}$).

Для расчета сопротивления плоского заземлителя, только одна сторона которого контактирует с землей или водой, известны два выражения:

$$R = 2 \cdot 0,25 \frac{\rho}{\sqrt{l \cdot b}}, \quad (1)$$

где ρ , Ом·м – удельное сопротивление воды (для морской воды $0,3 \text{ Ом·м}$ [5], для речной воды $10...100 \text{ Ом·м}$ [5]). Заметим, что последнее число совпадает со значением удельного сопротивления грунта (до 100 Ом·м), используемым в [4].

$$R = 2 \cdot \frac{0,366\rho}{l} \lg \left(\frac{2l^2}{b \cdot t} \right). \quad (2)$$

Для морской воды вычисления по выражению (1) дают результат $0,21 \text{ Ом}$, по выражению (2) результат $0,26 \text{ Ом}$.

Для речной воды получаем по выражению (1) получаем диапазон значений сопротивления $7,07...70,7 \text{ Ом}$, а по выражению (2) $8,81...88,1 \text{ Ом}$. То есть, расчеты по выражениям (1) и (2) дают близкие результаты.

Важно, что для морской воды и речной воды с примесями (не чистой, какая свойственна горным рекам и озерам, в большинстве своем несудоходным) расчетные значения для сопротивления заземлителя площадью $0,5 \text{ м}^2$ (не превышают рекомендованной величины 10 Ом).

Конечно, если катер эксплуатируется исключительно в морской воде, то сопротивление растеканию тока соответствует рекомендациям [4] со значительным запасом, и напрашивается возможность уменьшить площадь медного листа-заземлителя. Но, в особенности для маломерного судна, могут возникать эпизоды, когда нужно зайти в пресноводный водоем. При этом электробезопасность экипажа и пассажиров должна остаться на удовлетворительном уровне.

Вывод. Таким образом, можно сделать вывод, что минимальная площадь медного листа для заземления судна в [1, 2] выбрана для обеспечения приемлемых значений сопротивления растеканию тока заземлителя для

безопасной эксплуатации электрооборудования судна как в морской, так и в речной воде, и может быть только увеличена, но не уменьшена вне зависимости от того, является ли судно маломерным. Пример размещения заземлителя из листовой меди на транце пластикового катера показан на рис 1.

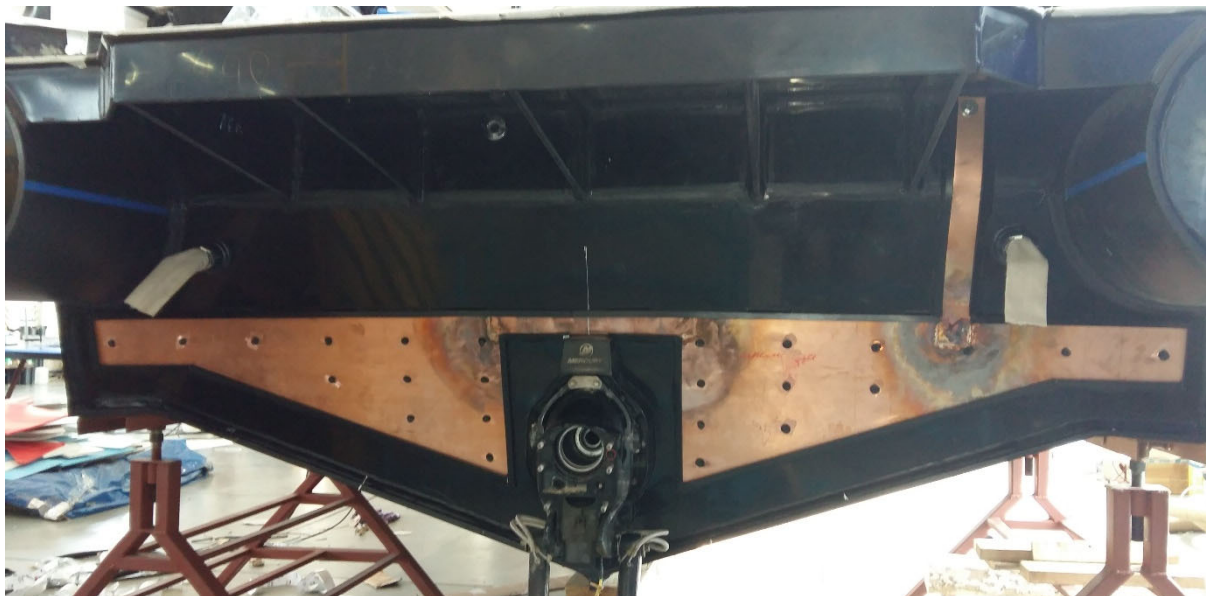


Рисунок 1 – Пример заземлителя из листовой меди на транце пластикового катера

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки судов (ПКПС). Российский речной регистр, М.: 2019. - 1501 с.
2. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XI. Электрическое оборудование, С-Пб.: 2019. - 226 с.
3. ГОСТ 24040-80 «Электрооборудование судов. Правила и нормы проектирования и электромонтажа». ИПК Издательство стандартов, М.: 1998, - 26 с.
4. Правил устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Норматика, М.: 2019, - 462 с.
5. Удельное электрическое сопротивление электролитов, жидкостей и расплавов солей / щелочей. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dpva.ru/Guide/GuidePhysics/ElectricityAndMagnethism/ElectricalResistanceAndConductivity/ElectricalResisSolventsSalts/>

УДК 629.113

ВИПРОБУВАННЯ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ГІБРИДИЗОВАНОГО АВТОМОБІЛЯ ЗАЗ СЕНС

В.О. Федоскін¹, К.І. Корніленко², М.М.Єрісов³

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, е-mail: fedoskin_va@ukr.net

²асистент кафедри автомобілів та автомобільного господарства Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, е-mail: kornilenko.k@gmail.com

³асистент кафедри автомобілів та автомобільного господарства Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, е-mail: erisov@ukr.net

Аннотация. В работе приведены результаты экспериментальных исследований тормозной системы автомобиля ЗАЗ СЕНС с модернизированной задней балкой и установленными на ней мотор колёсами. Показано, что при разработанном конструктивном решении тормозной путь находится в пределах допускаемой величины.

Ключевые слова: автомобиль, тормозной путь, мотор-колесо, гибрид, задняя балка, скорость движения.

TESTING THE BRAKE SYSTEM OF THE HYBRIDIZED VEHICLE ZAZ SENS

V.O. Fedoskin¹, K.I. Kornilenko², M.M. Yerisov³

¹Ph.D., Associate Professor of the Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: fedoskin_va@ukr.net

²Assistant, Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: kornilenko.k@gmail.com

³Assistant, Department of Automobiles and Automobile Economy, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: erisov@ukr.net

Abstract. The paper presents the results of experimental studies of the SENS vehicle brake system with a modernized rear beam and motor wheels installed on it. It is shown that with the developed constructive solution, the braking distance is within the permissible value.

Keywords: car, braking distance, motor-wheel, hybrid, rear beam, travel speed.

Вступ. В даний час гібридні автомобілі досить популярні на автомобільному ринку і мають хороші перспективи майбутнього розвитку. Основні причини використання гібридної силової установки пов'язані зі зменшенням витрат палива і шкідливих викидів в атмосферу, а також більший запас ходу в

порівнянні з електрокарами [1]. Знаходяться в експлуатації гібридні автомобілі мають автономний електродвигун від якого, через гібридну трансмісію, приводяться в обертання колеса.

Сьогодні ведуться роботи зі створення компактних мотор-колісних конструкцій, що застосовуються в якості приводу, що дозволяє істотно спростити компоновку автомобіля [2].

Мета: визначити максимальний гальмівний шлях при екстремому гальмування на різних швидкостях гібридного автомобіля з приводними мотор-колесами.

Матеріал і результати досліджень. В НТУ «Дніпровська політехніка» виконані роботи по переобладнанню автомобіля ЗАЗ СЕНС в гібридний варіант. Однією зі складових загальної компонування є використання мотор-коліс. Для цього були обрані 2 безколекторних мотор-колеса (Рисунок 1) потужністю 7 кВт виробництва фірми KellyControls, LLC



Рисунок 1 – Мотор-колесо

Установка мотор-коліс на підвісці автомобіля (Рисунок 2) здійснювалася на модернізованій задній балки. Тут же були виконані роботи по переобладнанню базової гальмівної системи.

У зв'язку із переобладнанням штатної (заводської) системи гальмування, для забезпечення безпеки пересування гібридного автомобіля, виникла необхідність проведення випробування розробленої конструкції.

Для цього була обрана ділянка рівної асфальтованої дороги протяжністю 500 метрів. 300 метрів відводилося для розгону автомобіля, а решта 200 метрів для гальмування (рис.3). Нульова відмітка відповідає початку гальмування, вимірювальні позначки з інтервалом 0,25 метра призначені для вимірювання тормозного шляху.



Рисунок 2 – Заміна задньої балки автомобіля ЗАЗ СЕНС

Після розгону до необхідної швидкості автомобіль рухався в сталому режимі до нульової позначки. Досягши нульової позначки передніми колесами, виконувалося екстрене гальмування (педаль гальм натискувалася з максимальним зусиллям).

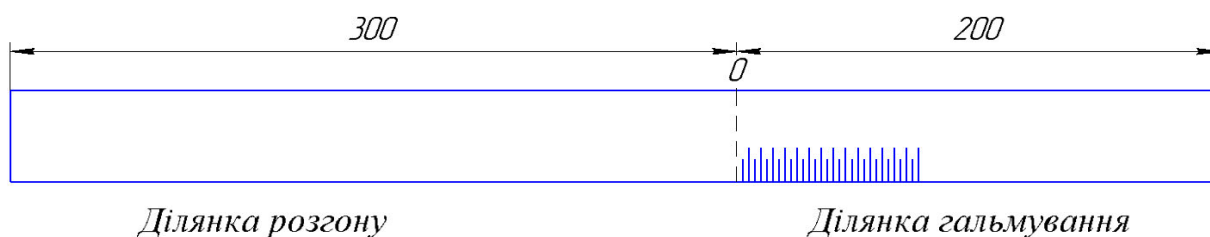


Рисунок 3 – Схема траси для випробувань гальмівної системи

При повній зупинці транспортного засобу фіксувалося відстань пройдена автомобілем в процесі гальмування.

Випробування проводилися з різною початковою швидкістю перед моментом гальмування (10 км/год, 20 км/год, 30 км/год 40 км/год 50 км/год 60 км/год). Виконувалось по три заїзди на заданій швидкості.

Вимірювання проводилося від нульової позначки до точки зупинки автомобіля (осі обертання переднього колеса). Точність вимірювання не перевищувала 0,1 метра.

Результати вимірювань наведені в таблиці 1.

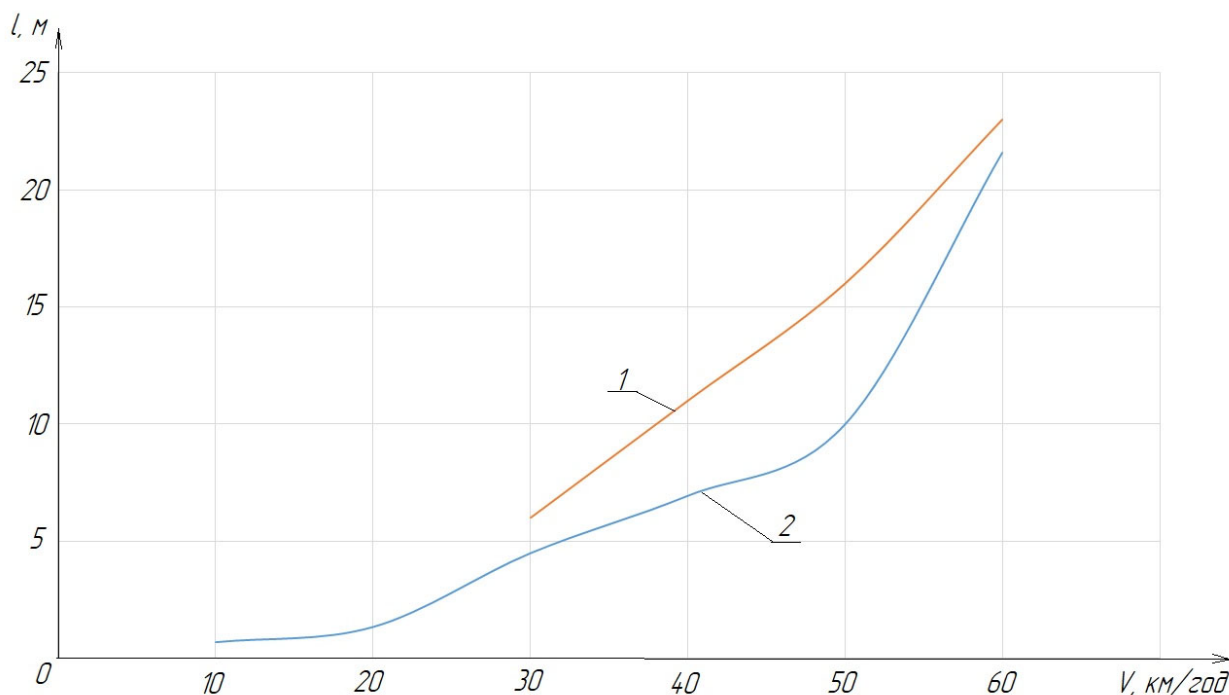
Таблиця 1 - Результати вимірювань гальмівного шляху

Швидкість автомобіля (км / ч)	Заїзди		
	Гальмівний шлях (м)	Гальмівний шлях (м)	Гальмівний шлях (м)
	1	2	3
10	0,75	0,55	0,80
20	1,2	1,5	1,35
30	4,75	4,00	4,75
40	6,75	7,3	6,8
50	12,5	9,4	8,1
60	21,2	22,0	21,7

На рисунку 4 наведено графік порівняння отриманих експериментальних даних гальмівного шляху гібридного автомобіля з допускаються величинами. Крива 1 відповідає допускаються значень, крива 2 - експериментальним. Значення гальмівного шляху гібридного автомобіля взяті середніми за результатами трьох заїздів для кожної швидкості.

Результати порівняння свідчать що, гальмівний шлях переобладнаного гібридного автомобіля укладається в допуски.

Висновок. Проведенні випробування гальмівної системи переобладнаного гібридизованого автомобіля показали працездатність і надійність розробленої гальмівної системи гібридного автомобіля з приводними мотор-колесами.


Рисunek 4 – Залежність гальмівного шляху від швидкості автомобіля

ЛІТЕРАТУРА

1. Глазунов В. И. автомобили: параметры, конструкция, устройство: учебник. 2-е изд., доп. и перераб. Бишкек: КРСУ, 2016. 352 с.: с ил. и табл.
2. Златин П.А., Кеменов В.А., Ксенович И.П. "Электромобили и гибридные автомобили", М.: Агроконсалт, 2004

УДК 656:338.47

**ПІДВИЩЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО СЕРВІСУ НАСЕЛЕННЯ ЗА РАХУНОК
ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО
НАЗЕМНОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

С.І. Чеберячко¹, О.О. Третьак², В.А. Доценко³

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

²кандидат технічних наук, доцент кафедри управління на транспорті, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна, e-mail: elena.novikova.ut@ukr.net

³студентка групи 275-19 ск-1, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна, e-mail: viktoriadocenko0@gmail.com

Анотація. В роботі досліджено заходи, які спрямовані на підвищення транспортного сервісу населення міста за рахунок впровадження в систему міського наземного електротранспорту ефективного транспортного засобу – сучасного трамвая на основі інтегрального оцінювання споживчих, техніко-економічних, техніко-експлуатаційних, ергономічних та ін. властивостей при формуванні раціональної структури або модернізації існуючого парку транспортних засобів, що експлуатуються у великих містах.

Ключові слова: трамвай, міські наземні пасажирські перевезення електротранспортом, техніко-експлуатаційні властивості, техніко-економічні властивості, комфорт, безпека.

**INCREASE OF POPULATION TRANSPORT SERVICE ACCORDING TO EFFECTIVE
SYSTEM FORMATION OF URBAN PASSENGER GROUND ELECTRIC TRANSPORT**

Serhiy Cheberyachko¹, Olena Tretyak², Viktoriya Dotsenko³

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

²Ph.D., Associate professor of Department of Transportation Management, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: elena.novikova.ut@ukr.net

³Student of group 275-19 sk-1, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: viktoriadocenko0@gmail.com

Abstract. The paper investigates measures aimed at improving the transport service of the city population by introducing into the system of urban land electric transport an effective vehicle - a modern tram based on integrated assessment of consumer, technical and economic, technical and operational, ergonomic and others. properties in the formation of a rational structure or modernization of the existing fleet of vehicles operated in large cities.

Keywords: tram, urban ground passenger transportation by electric transport, technical and operational properties, technical and economic properties, comfort, safety.

Вступ. В країнах Європейського союзу використовуються транспортні технології міського наземного пасажирського електротранспорту (далі – МНПЕТ), які з'єднують великі міста з пригородом (технологія "BLT") і безпосередньо перевезення пасажирів в місті (технологія "BVB"). Та є такі країни, які мають транспортний зв'язок між собою за допомогою МНПЕТ – Швейцарія, Німеччина, Франція. До переваг МНПЕТ можна віднести велику провізну спроможність, екологічність та багато ін. Даний сегмент пасажирських перевезень має великі перспективи розвитку в умовах сучасного міста [1-3].

Виникає актуальне питання стосовно перспектив розвитку подібних технологій в місті Дніпро, для забезпечення конкурентоспроможних на ринку транспортних послуг і надання якісного сервісу при здійсненні пасажирських перевезеннях. Тому пошук способів вирішення подібних задач є досить актуальним в наш час.

Мета роботи. Метою дослідження - є розробка методу з вибору ефективного транспортного засобу для МНПЕТ - трамвая на основі інтегрального оцінювання споживчих, техніко-економічних, техніко-експлуатаційних, ергономічних та інших властивостей при формуванні раціональної структури або модернізації вагонного парку транспортного підприємства міського електротранспорту.

Матеріали і результати дослідження. До переваг легкого рейкового транспорту (далі – ЛРТ), які визначають перспективи його розвитку можна віднести наступні:

1. *Велика провізна спроможність.* ЛРТ ідеально підходить для перевезення від 6000 до 12000 пасажирів на годину в одному напрямку. При використанні багатосекційних трамваїв або багато вагонних поїздів пропускна здатність ЛРТ може бути збільшена до 20000 пасажирів на годину в одному напрямку.

2. *Швидкість і регулярність.* Завдяки своїм технічним характеристикам РС ЛРТ швидко розганяється і здатний підтримувати високу швидкість. За рахунок особливостей конструкції трамвайної колії, транспортні засоби ЛРТ може рухатися з швидкістю сполучення більш 25 км/год., що скорочує час перебування пасажирів в дорозі. Крім того, не створюються скупчення транспорту на вулицях.

3. *Надійність.* Транспорт, що не створює вуличних пробок, працює регулярно і, отже, є надійним. ЛРТ також може працювати в складних погодних умовах, наприклад, в умовах снігопаду та ожеледиці.

4. *Комфорт і простота використання.* ТЗ з покращеною підвіскою забезпечують плавну їзду. Привабливий дизайн вагону дозволяє переконати потенційних пасажирів залишити свою машину і скористатися громадським транспортом. Вагони ЛРТ з низьким рівнем підлоги стають все більш доступними для всіх категорій пасажирів, особливо для літніх людей, пасажирів з маленькими дітьми та дитячими колясками, а також пасажирів в інвалідних кріслах. Спроектвані зупинки і інформаційне забезпечення також сприяють залученню пасажирів на ЛРТ.

5. *Безпека.* ЛРТ у багато разів безпечніше їзди на особистому автомобілі. Відокремлений полотно і пріоритет у світлофорів знижує ризик ДТП.

6. *Екологічна чистота.* Працюючи на електроенергії, ЛРТ не забруднює вулиці вихлопами. ЛРТ - це відносно тихий вид транспорту, шум коліс і вібрація можуть бути ще більше знижені, якщо підтримувати вагони та рейковий шлях у хорошому стані.

7. *Здатність до адаптації.* ЛРТ може працювати в міському та приміському транспортних середовищах. Краще, якщо він рухається по наземному полотну, але при необхідності вагони можуть проходити під землею або над землею по естакаді. Цей вид міського транспорту чудовий для обслуговування пішохідних зон в міських центрах. Вагони ЛРТ можуть рухатися по залізничному полотну і працювати одночасно із звичайним залізничним транспортом. Одночасний рух різних транспортних засобів по одному рейковому полотну, а також варіант ЛРТ «трамвай-поїзд» можуть відкрити широкі можливості для розвитку ЛРТ в приміській зоні, а також у внутрішньо обласному та міжобласному сполученні.

8. *Вклад в позитивний імідж міста.* Сучасний ЛРТ має приємний зовнішній вигляд, що сприяє формуванню позитивного образу міста. Його сучасний дизайн сприяє залученню пасажирів на громадський транспорт. Як показує досвід, все частіше пасажирами нових або модернізованих ЛРС стають власники приватних автомобілів. У підсумку, ЛРТ допомагає зменшити скупчення транспорту, знизити потребу в місцях для паркування приватних автомобілів, підвищує ефективність використання дорожньої інфраструктури. Міський ЛРТ позитивно впливає на життя міста, покращує якість життя і робить місто більш придатним для життя.

9. *Вплив на міське життя.* На відміну від автобусного транспорту, шляхи ЛРТ постійно і легко видні. Вони символізують городянам прихильність міської влади громадському, екологічно чистому транспорту. ЛРТ

сприяє відродженню та модернізації міських центрів і розвитку нових районів. ЛРТ грає важливу роль в розширенні компактного і щільного розвитку міст, що дозволяє уникнути непотрібного їх розростання, що збільшує ефективність містобудівних рішень.

10. Вплив на транспортну ситуацію в цілому. Впровадження ЛРТ призведе до збільшення числа жителів, що користуються громадським транспортом. Це, в свою чергу, знизить скупчення індивідуальних автомобілів на вулицях міста, і скоротить потребу в розвитку вулично-дорожньої інфраструктури, а також місць для паркування.

11. Економія ресурсів. ЛРТ, що особливо актуально в сучасних умовах паливної кризи, дозволяє істотно економити на загальнонаціональному споживанні паливно-енергетичних ресурсів, так як на 1 пас.-км ЛРТ витрачається на порядок менше енергії, ніж на автомобільному транспорті. Сучасне обладнання дозволяє регенерувати енергію гальмування і, таким чином, значно економити електроенергію [4-7].

Ефективність роботи транспортного підприємства, що здійснює МНПЕТ можна підвищувати, впливаючи на кожний з вищевказаних факторів за рахунок впровадження оптимальних маршрутів перевезень пасажирів і організації надання нових автотранспортних послуг, залученням кваліфікованого ремонтного персоналу та ін. [8-10]. Розглянемо тільки один з аспектів досягнення цієї мети - вибір РС за техніко-економічними критеріями. Для цього розглянемо відповідний алгоритм.

1. При дослідженні особливостей перевезення пасажирів МНПЕТ вивчаються наступні показники: особливі умови транспортування, умови експлуатації РС, динаміка попиту на транспортні послуги на протязі відповідного періоду часу, пасажиропотік на маршрутах руху та ін.

2. На основі даних, отриманих на першому етапі, з урахуванням виду особливостей відповідного типу перевезень, проводиться сегментація ринку транспортних послуг з метою виявлення потреб основних користувачів транспортних послуг до відповідного типу транспорту. Надалі, кожен з сегментів розглядається окремо.

3. Формуються вимоги до трамвайного вагону в залежності від потреб споживачів транспортних послуг (пасажирів).

4. Крім вимог, що пред'являють споживачі транспортних послуг до відповідного типу ТЗ, з їх боку також пред'являються наступні вимоги:

- а) трамвайний вагон повинен відповідати обсягу пасажиропотоку на відповідному маршруті; кліматичним умовам експлуатації;
- б) повинні забезпечувати максимальну швидкість і безпеку руху;

в) забезпечувати відповідний комфорт, забезпечувати безперешкодний проїзд людям з обмеженою рухливістю та спеціальні пристрої для безготівкової оплати проїзду, можливість користування інтернетом під час здійснення поїздки та ін.

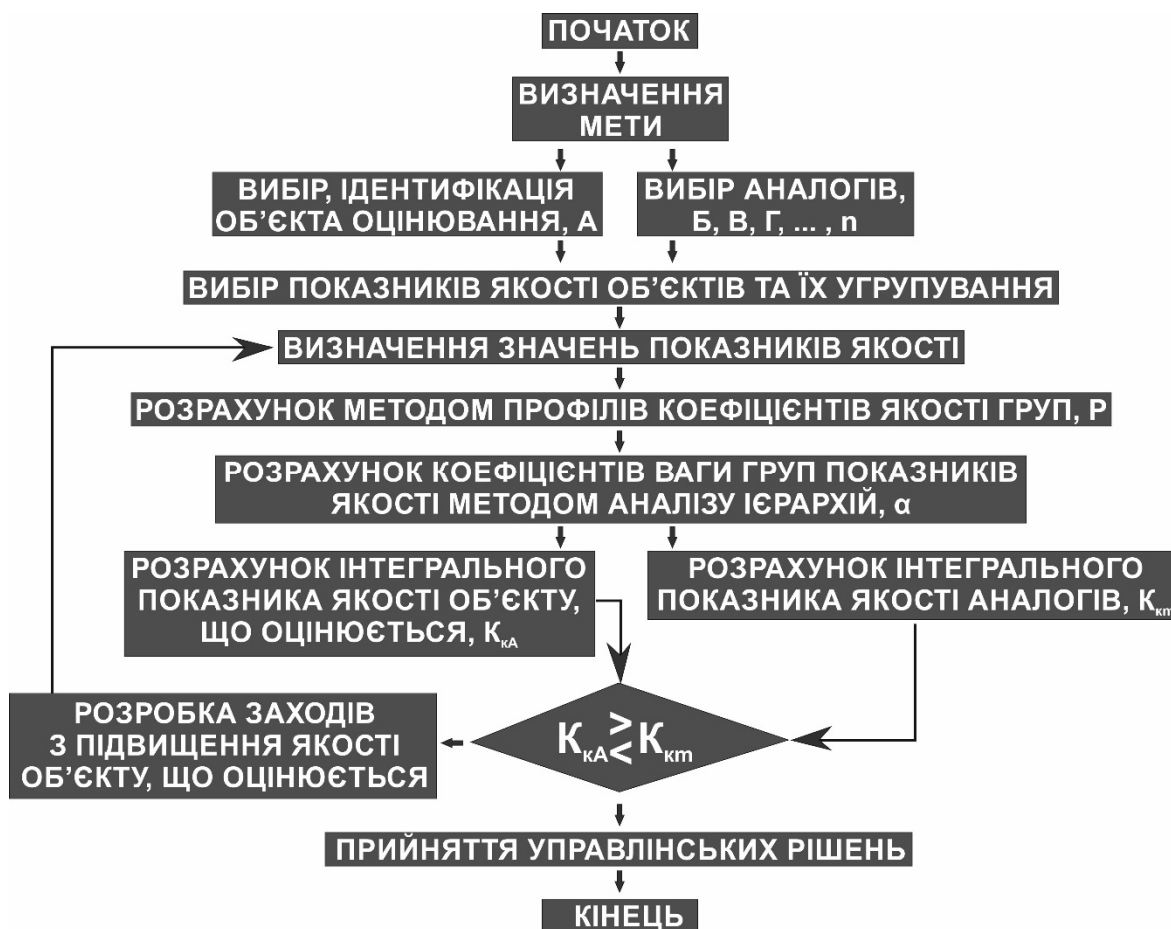
5. По каталогах виробників сучасних трамвайних вагонів вибираються альтернативні трамвайні вагони з відповідними технічними характеристиками, що відповідають вищеназваним вимогам. Підбирається для вибору той РС, придбання якого буде доступним за відповідними критеріями.

6. Проводиться розрахунок економічної ефективності конкурентних трамвайних вагонів за відповідними обраними показниками. При цьому використовуються заздалегідь підготовлені вихідні дані до розрахунку економічної ефективності, до яких відносяться: річна продуктивність трамваю; річний дохід від здійснення перевезень, а також експлуатаційні витрати всіх обраних для порівняльного аналізу трамваїв.

На рис. 1 наведено схему алгоритму вибору ефективної моделі сучасного трамваю. Проводиться обґрунтований вибір РС для всіх вибраних сегментів перевезення пасажирів, формується раціональний парк транспортного підприємства з економічно ефективних і якісних сучасних моделей трамваїв. Для прикладу в представленому дослідженні, наведено вибір моделі 3-х секційного низькопідлогового трамваю. Для проведення порівняльного факторного аналізу обираємо 3-х секційні низькопідлогові трамваї, які за своїми технічними характеристиками відповідають вищеназваним вимогам для ефективного перевезення пасажирів (див. табл. 1).

Після вибору на наступному етапі проводиться оцінка якості обраних моделей 3-х секційних низько підлогових трамваїв за критерієм інтегрального коефіцієнту якості. Вибирається номенклатура техніко-експлуатаційних показників, що характеризують якість відповідної моделі трамваїв з урахуванням особливостей умов експлуатації в умовах України (табл. 2, 3). За прямими показниками оцінювання якості 3-х секційного низькопідлогового трамваю приймаються показники, максимальні значення яких призводять до поліпшення якісних оцінок ТЗ, а значення показників, збільшення яких погіршує якісні оцінки, приймаються як зворотні, наприклад: величина рівня підлоги і потужність двигуна - прямі показники, а габаритна довжина і вартість трамваю - зворотні. Отримане значення складе величину сумарного коефіцієнта якості відповідної моделі трамваю, яку і можна прийняти за інтегральний показник якості. Найбільше значення сумарного коефіцієнта відповідає найкращому варіанту обраної моделі 3-х секційного низькопідлогового трамваю. Для наочності отриманих результатів будуються радарні техніко-експлуатаційних показників (радарні якості) кожної моделі трамваю.

Остаточний результат робимо на основі побудованих на рис. 2-9 радарів якості відповідних моделей 3-х секційних низькопідлогових трамваїв.



Рисунком 1 - Алгоритм вибору ефективної моделі сучасного трамваю для виконання транспортної роботи з перевезення пасажирів в системі МНПЕТ

Таблиця 1 - 3-х секційні низькопідлогові трамваї для перевезення пасажирів в системі МНПЕТ

Модель трамваю	Виробник
«ТЗВ44»	ПАТ «Концерн Електрон», м. Львів, Україна
«K-1M6»	ТОВ «Татра-Юг», м. Дніпро, Україна
«БКМ 843»	ВАТ «Управляюча компанія холдингу «Белкоммунмаш», м. Мінськ, Білорусь
«Škoda 15T»	Корпорація «ŠkodaTransportation», м. Пльзень, Чехія
«PesaFokstrot (71-414)»	Корпорація «Pesa», м. Бидгощ, Польща
«Siemens Avenio»	Корпорація «Siemens AG», м. Відень, Австрія
«Alstom citadis dualis»	Корпорація «Alstom», м. Ля-Рошель, Франція
«Bombardier Flexity Swift»	Компанія «Bombardier», м. Монреаль, Канада

За результатами проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

- на першому місці модель 3-х секційного вагону – Siemens Avenio, виробник Корпорація «Siemens AG», м. Відень, Австрія (інтегральний показник якості - 1,159);

- на другому місці модель 3-х секційного вагону - Bombardier Flexity Swift, виробник - компанія «Bombardier», м. Монреаль, Канада - (інтегральний показник якості - 1,1585);

- на третьому місці модель 3-х секційного вагону – Alstom citadis dualis, виробник - корпорація «Alstom», м. Ля-Рошель, Франція - (інтегральний показник якості - 1,1576);

- на четвертому місці модель 3-х секційного вагону - Škoda 15T, виробник - корпорація «Škoda Transportation», м. Пльзень, Чехія - (інтегральний показник якості - 1,156);

- на п'ятому місці модель 3-х секційного вагону - T3L44, виробник - ПАТ «Концерн Електрон», м. Львів, Україна - (інтегральний показник якості - 1,15422);

- на шостому місці модель 3-х секційного вагону – Pesa Fokstrot (71-414), виробник - Корпорація «Pesa», м. Бидгощ, Польща - (інтегральний показник якості - 1,1539);

- на сьомому місці модель 3-х секційного вагону - БКМ 843, виробник - ВАТ «Управляюча компанія холдингу «Белкоммунмаш»», м. Мінськ, Білорусь - (інтегральний показник якості - 1,1532);

- на восьмому місці модель 3-х секційного вагону - К-1М6, виробник - ТОВ «Татра-Юг», м. Дніпро, Україна - (інтегральний показник якості - 1,151).

Висновки.

1. Визначено актуальність теми представленого дослідження.
2. Визначені основні недоліки сучасного стану МНПЕТ.
3. Визначенні переваг використання багатосекційних низькопідлогових трамваїв для умов України. Було проведено аналіз використання багатосекційних низькопідлогових трамваїв, який представляє сучасний високотехнологічний ТЗ, обладнаний сучасними елементами комфорту, різними системами безготівкової оплати проїзду, приладами для користування ТЗ малорухомих груп населення.

Таблиця 3 - Техніко-експлуатаційні показники (абсолютні) для оцінки якості моделей 3-х секційних низькопідлогових трамваїв

Показник	Модель									
	Статус показника	Т3L44	К-1M6	БКМ 843	Škoda 15T	Pesa Fokstrot (71-414)	Siemens Avenio	Alstom citadis dualis	Bombardier Flexity Swift	
Довжина, мм	MIN	19500	26800	25400	31400	26255	24200	28200	28200	
Ширина, мм	MIN	2300	2500	2500	2500	2500	2400	2650	2650	
Висота, мм (без пантографа)	MIN	3200	3500	3900	3600	3700	3615	3500	3500	
Висота низько підлогової частини трамваю над рейковою колію, мм	MIN	340	360	350	350	370	197	370	100	
Кількість місць для сидіння	MAX	35	30	56	61	59	69	100	58	
Max пасажиромісткість (при 8 пас/м ²), max	MAX	160	206	226	318	255	216	252	250	
Кількість дверей	MAX	2	3	4	6	6	6	6	6	
Max маса, тонн	MIN	34,7	36	44,4	43,7	38,95	35,7	35,5	35,4	
Низький рівень підлоги, %	MAX	100	70	80	100	80	100	100	100	
Max підйом, що діаліється, ‰	MAX	8	8	8	8	8	8	8	8	
Min радіус повороту, м	MIN	16	14	14	14	16	14	16	20	
Колісна база візку, мм	MIN	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	
Ширина проїзному дверей, мм	MAX	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	
Ширина проходу між сидіння-ми, мм	MAX	700	750	750	780	780	800	750	800	
Max швидкість, км/год.	MAX	70	75	100	100	75	80	100	100	
Економія енергії, %	MAX	40	40	30	20	30	50	40	50	
Гарантійний строк експлуатації, не менш, роки	MAX	20	20	20	30	30	30	30	30	
Загальна потужність двигунів, кВт	MAX	320	360	420	560	400	416	420	500	
Вартість, тис. €	MIN	1 000	1 200	1 300	4 100	2 500	2 850	2 700	4 000	

Таблиця 4 – Результати розрахунку оцінювання якості моделей 3-х секційних низькопідлогових трамваїв

Модель	Т3L44	К-1M6	БКМ 843	Škoda 15T	Pesa Fokstrot (71-414)	Siemens Avenio	Alstom citadis dualis	Bombardier Flexity Swift
1 Довжина, мм	1	0,63	0,70	0,39	0,65	0,76	0,55	0,55
2 Ширина, мм	1	0,91	0,91	0,91	0,91	0,96	0,85	0,85
3 Висота, мм (без пантографа)	1	0,91	0,78	0,88	0,84	0,87	0,91	0,91
4 Висота низько підлогової частини трамваю над рейковою колією, мм	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,80	0,3	1
5 Кількість місць для сидіння	0,35	0,30	0,56	0,61	0,59	0,69	1	0,58
6 Мах пасажиромісткість (при 8 пас/м ²), мах	0,50	0,65	0,71	1	0,80	0,68	0,79	0,79
7 Кількість дверей	0,33	0,50	0,67	1	1	1	1	1
8 Мах маса, тонн	1	0,96	0,72	0,74	0,88	0,97	0,98	0,98
9 Низький рівень підлоги, %	1	0,70	0,80	1	0,80	1	1	1
10 Мах підйом, що даліється, ‰	1	1	1	1	1	1	1	1
11 Min радіус повороту, м	0,86	1	1	1	0,86	1	0,86	0,57
12 Колісна база візку, мм	1	1	1	1	1	1	1	1
13 Ширина пройому дверей, мм	1	1	1	1	1	1	1	1
14 Ширина проходу між сидіннями, мм	0,88	0,94	0,94	0,98	0,98	1	0,94	1
15 Мах швидкість, км/год.	0,70	0,75	1	1	0,75	0,80	1	1
16 Економія енергії, %	0,80	0,80	0,6	0,40	0,60	1	0,8	1
17 Гарантійний строк експлуатації, не менш, роки	0,67	0,67	0,7	1	1	1	1	1
18 Загальна потужність двигунів, кВт	0,57	0,64	0,8	1	0,7	0,74	0,75	0,89
19 Вартість, €	1,000	0,800	0,700	0,300	0,500	0,350	0,400	0,250
Інтегральний показник якості, K_к	0,803	0,766	0,794	0,827	0,798	0,875	0,849	0,862
Ранг	5	8	7	4	6	1	3	2

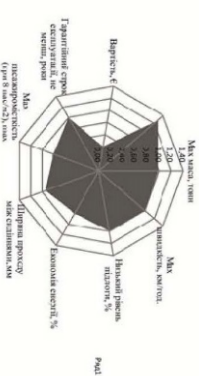


Рисунок 5 - Радар якості 3-х секційного низькопідлогового трамвая моделі «Alstom Citadis dualis»

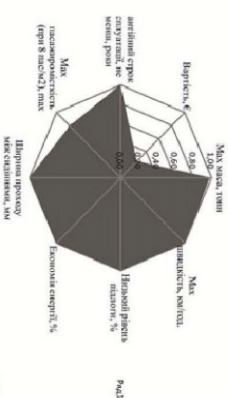


Рисунок 9 - Радар якості 3-х секційного низькопідлогового трамваю моделі «Bombardier Flexity Swift»

4. Проведено обґрунтування теоретичного алгоритму для прийняття управлінського рішення з обґрунтування вибору ефективного сучасного трамваю для використання в системі МНПЕТ в м. Дніпро. Представлена методика базується на використанні методу факторного аналізу, який дозволяє найбільш ефективно провести обґрунтований вибір ефективного ТЗ з модельного ряду однотипних ТЗ з врахуванням переваг користувачів транспортних послуг. На підставі проведеного дослідження було визначено що найбільш високі показники має модель 3-х секційного вагону - «Siemens Avenio» (виробник Корпорація «Siemens AG», м. Відень, Австрія) з інтегральним показником якості - 1,159.

5. Проведені дослідження можуть використовуватися як методика для фахівців транспортних підприємств, які орієнтовані на пасажирські перевезення наземним електротранспортом для вибору ефективного трамвайного вагону при формуванні або оновленні парку транспортного підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційний сайт компанії "Татра-Юг". Електроний ресурс. URL: <https://tatra-yug.com.ua/o-nas/istoriya/>. Дата звернення (03.04.2021).
2. Мышкина А. (2021). Ночной дрифт: в Днепре с рельсов сошел трамвай. [Электронный ресурс] // Днепр оперативный. URL: <https://dnepr.express/post/nochnoi-drift-v-dnepre-s-relsov-soshel-tramvaj-video-momenta>. Дата звернення (03.04.2021).
3. Коптев А. (2021). В Днепре сошел с рельсов трамвай №5. . [Электронный ресурс] // Gorod.dp.ua. URL: <https://www.gorod.dp.ua/news/186528>. Дата звернення (03.04.2021).
4. Омелянович О.Р. Особливості та пріоритети стратегічного розвитку підприємств міського електротранспорту в сучасних кризових умовах в Україні / О.Р. Омелянович, Ю.І. Прима // Економіка та управління на транспорті. - 2016. - № 3. - С. 59-65.
5. Дивінець О.Л. Стратегічні пріоритети розвитку міських електротранспортних підприємств України / О.Л. Дивінець // Європейський вектор економічного розвитку. - 2015. - № 1(18). - С. 74-83.
6. Тюрин, А. С. Применение методологии IDEF0 в сфере пассажирских автомобильных перевозок / А. С. Тюрин, В. В. Епифанов // Стандарты и качество. - 2015. - №4. - С. 79-81.
7. Епифанов, В.В. Моделирование процесса управления качеством пассажирскими автомобильными перевозками с применением методологии IDEF0/ А.С. Тюрин, В.В. Епифанов // Вузовская наука в современных условиях: Сб. материалов НТК. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. - С. 155-158.
8. Фасхиев, Х.А. Универсальный метод оценки технических и социально-экономических объектов / Х.А. Фасхиев // Техника машиностроения. - 2008. - № 2. - С. 49-62.
9. Фасхиев Х.А., Костин И.М. Техничко-економічна оцінка вантажних автомобілів при розробці. - Набережні Челні: Изд-во КамПИ, 2002. - 480 с.
10. Вельможин А.В. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для ВУЗов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов // – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 560 с.

УДК 004.92; 744:621 + 378.016: 744

ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОМИСЛОВОМУ ДИЗАЙНІ**I.B. Вернер¹, В.Е. Дитюк², М.О. Мила³**^{1,2}асистент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, e-mail: ill3@ukr.net³студент групи 132-18-2, e-mail: Myla.M.O@nmu.one^{1,2,3}Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. Розглядаються перспективи використання хмарних технологій в промисловому дизайні. Представляються результати впровадження даних технологій на прикладі підготовки фахівців механіко-машинобудівного факультету університету. Виконано огляд актуальних графічних сервісів що суттєво розширюють можливості візуалізації інформації.

Ключові слова: освіта, візуалізатор, хмарні технології, графічні сервіси, дизайн.

CLOUD SERVICES IN INDUSTRIAL DESIGN**Ilya Verner¹, Viktoriia Dytiuk², Marry Myla³**^{1,2}Assistant, Department of Engineering and Generative Design, e-mail: ill3@ukr.net³Student, e-mail: Myla.M.O@nmu.one^{1,2,3}Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. This article considers review of cloud technologies ways usage in industrial design. The results of the introduction of these technologies are presented on the example of training specialists of the mechanical and mechanical engineering faculty of the university. An overview of current graphic services has been performed, which expands the capabilities of information visualization.

Keywords: education, visualizer, cloud technologies, graphic services, design.

Вступ. Підготовка інженерних кадрів у галузі графічних дисциплін є одним із актуальних завдань теперішнього часу, так як в умовах виробництва спостерігається нестача хороших конструкторів і технологів, а досвідчені кадри йдуть через пенсійний вік [1]. Класичний підхід до підготовки фахівців дозволяє отримати учням знання і вміння з використання сучасних математичних методів для проведення складних розрахунків. Також традиційно учні освоюють методики і програмні продукти для візуалізації даних і наочного представлення результатів своїх розробок широкому загалу.

Ґрунтуючись на сучасних тенденціях, можна зробити висновки про те, що на даний момент загострилася тенденція мінімізації капітальних вкладень у виробництво. Для роботи сучасного фахівця необхідна відповідальна

часу комп'ютерна техніка, а також ліцензійне програмне забезпечення інженерного, розрахункового та дизайнерського профілю. Витрати на програмне забезпечення і техніку тільки збільшуються в процесі їх вдосконалення. Час старіння також скорочується, що змушує купувати більш нове обладнання і програмне забезпечення.

Також в умовах, що склалися у зв'язку з пандемією з'явилися нові проблеми управління колективами і проектами в умовах віддаленої роботи.

Дані питання так як і затребуваність сучасних молодих фахівців на ринку праці послужили основною темою даної роботи.

Мета роботи. Розглянути можливості мінімізації капітальних витрат на комп'ютерне обладнання та програмне забезпечення, а також можливості фахівців в стислі терміни працевлаштуватися за фахом за рахунок використання хмарних технологій.

Матеріал і результат досліджень. Відповідно до ОПП «Промислова естетика та сертифікація матеріалів і виробів» одними з базових навчальних дисциплін для бакалаврів є: «Інформаційні системи і технології в інженерії», «Інженерна графіка» і «Комп'ютерне креслення». Також для підготовки сучасних фахівців був введений ряд дисциплін, що істотно розширюють можливості інженерної діяльності та дозволяють в стислі терміни отримувати результати в наочному вигляді. Це такі дисципліни як «Методи і засоби сучасних дизайнерських рішень», «Технології 3Д прототипування», «Комунікативний дизайн», «Сучасні Веб технології», «Інформаційні системи в проектуванні, моделюванні та дизайні», «Промисловий дизайн» і багато інших.

Завдяки стрімкому розвитку техніки стало можливо моделювання складних механічних процесів і застосування для виготовлення об'єктів надрукованих на принтерах елементів. У віртуальному просторі ведення інженерних розрахунків і випробування конструкцій під навантаженнями дозволяє істотно знизити витрати на виробництво даного прототипу і його натурних випробувань. Однак вимоги сучасного програмного забезпечення до комп'ютерної техніки зростають з їх постійним вдосконаленням. Через це навчальні заклади та конструкторські бюро змушені часто оновлювати і змінювати свій парк комп'ютерної техніки вкладаючи в це величезні кошти.

Певну частину витрат на потужну комп'ютерну техніку можна мінімізувати, використовуючи мережеві і хмарні сервіси. Наприклад, інженер-конструктор може використовувати для розробки нового виробу Autodesk Fusion 360. Даний хмарний програмний продукт відносно не вимогливий до обладнання [2]. Крім того, ряд найбільш трудомістких завдань він передає суперкомп'ютеру компанії. За рахунок цього при використанні даного продукту

істотно скорочується час на проведення складних розрахунків. Також завдяки можливості роботи в команді над єдиним проектом здійснюється оптимізація процесу розробки.

З точки зору споживачів, демонстрація проекту розробленого в Fusion 360 можлива з будь-якого пристрою, підключеного до глобальної мережі. Так як тривимірні моделі і креслення, а також результати розрахунку зберігаються на хмарному сервісі компанії, і не прив'язані до робочих місць розробників проектів. Гнучка система комунікації і зворотного зв'язку дозволяє оцінити і прокоментувати проект фахівцям з усього світу, а розробникам додати запропоновані правки в стислі терміни.

Важливою відмінною рисою всієї лінійки програмних продуктів Autodesk є те, що в процесі візуалізації конструкцій через хмарний сервіс створюється портфоліо цифрових робіт. Так званий сервіс Autodesk Renderer Gallery (рис.1).

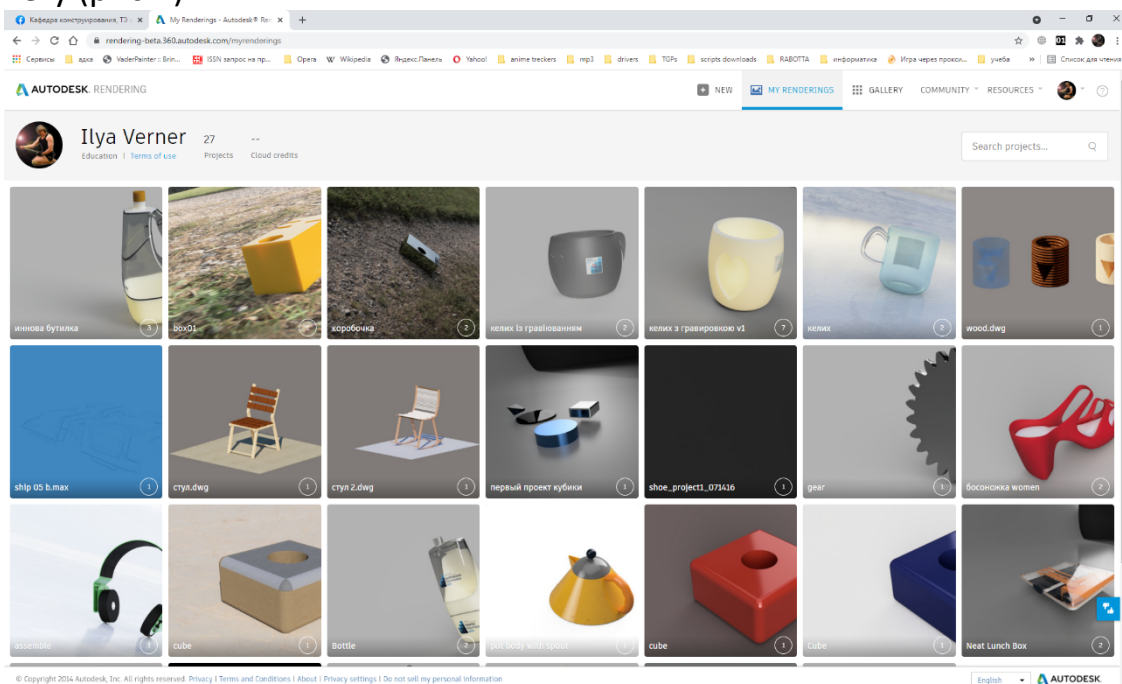


Рис.1. – Профіль у рендер галереї

Завдяки даному сервісу студенти і фахівці в процесі роботи наповнюють портфоліо своїх робіт. Це дозволяє черпати натхнення один у одного, а також отримувати відгуки та коментарі фахівців про зроблені проекти.

Говорячи про сервіси Autodesk можна підкреслити тенденцію до постійного розвитку хмарних сервісів стосовно всіх аспектів творчої та конструкторської діяльності. Наприклад, сервіс генерації тривимірних персонажів (рис.2) дозволяє в хмарі створити і налаштувати фізичні параметри моделі для подальшого доопрацювання в професійних пакетах тривимірної графіки. Завдяки даному сервісу можна згенерувати модель, наприклад, для далекої розробки одягу або наповнення вулиці трафіком пішоходів.

Також компанія Autodesk надає свої ресурси для зберігання даних проєктів в хмарі, що відкриває широкі можливості для їх спільного використання при командному проектуванні і дизайні.

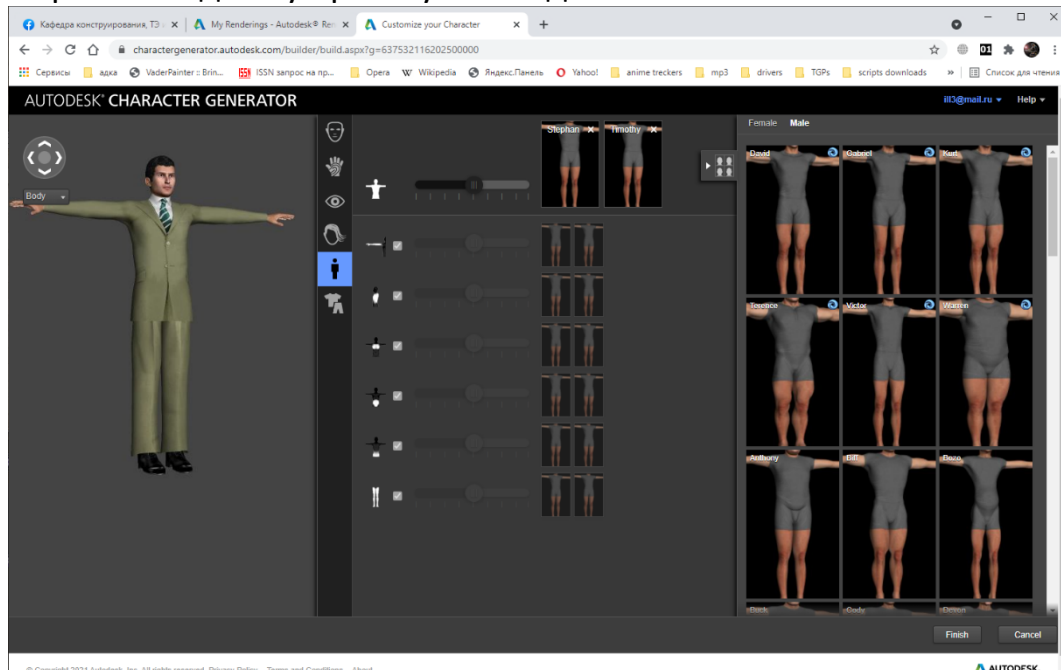


Рис.2. – Хмарний сервіс генерації персонажів

Також компанія Autodesk пропонує скористатися однією з передових хмарних технологій яка дозволяє отримати тривимірну модель локації без використання дорогого тривимірного сканера. Продукт Rescap дозволяє на базі фотографій отриманих з цифрового фотоапарата або мобільного пристрою отримати тривимірну модель для подальшого використання в тривимірних графічних пакетах. Також компанія надає широку лінійку рішень для конструкторської, архітектурної та інших видів проєктів про які докладніше можна дізнатися на ресурсах компанії.

Важливою відмінністю сучасного фахівця є його навик за поданням інформації в наочному вигляді. Наукова діяльність, і як окремий випадок конструкторська діяльність включає в себе проведення складних розрахунків, проєктних рішень і масу документації відповідно до стандартів конкретної області. На даний момент затребувані фахівці здатні пояснити під час семінарів і презентацій проєктів широким масам свої ідеї. Таким чином вони заручаються підтримкою інвесторів або організацій, що ставлять перед ними рішення і отримують фінансування на ведення робіт.

Лідером дизайнерських рішень в галузі графіки, анімації, моушен дизайну є концерн Adobe [3]. Компанія пропонує до використання для поширення інформації безкоштовні хмарні сервіси Adobe Spark. Дані сервіси дозволяють в хмарі створювати двовірні графічні роботи, сайти-презентації і системи хмарного відеомонтажу. Сервіс включає в себе набір високоякісних

фотографій і відео вставок для використання в роботах для прискорення роботи дизайнера.

При розробці фірмового стилю і брендування компанія Adobe пропонує використовувати сервіс роботи з кольором Adobe Color (рис.3). Дизайнери знайомі з колірною теорією й інші фахівці за допомогою даного сервісу можуть вибрати колірну гамму для своїх проектів беручи за базові фірмові кольори або виробити нові колірні рішення. При цьому обрані кольори можна зберегти в хмарну бібліотеку. Доступ до хмарної бібліотеки можна отримати з усіх програмних продуктів Adobe. Таким чином процес розробки багаторазово оптимізується в часі.

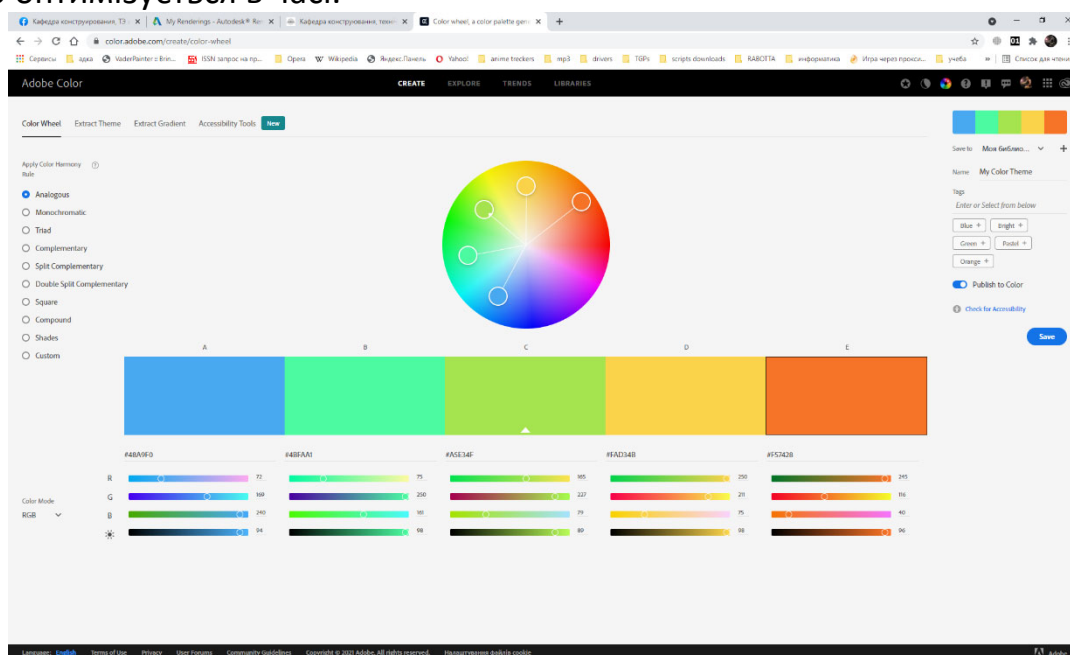


Рис. 3. – Сервіс роботи з кольором

Концерн Adobe пропонує дизайнерські рішення по хмарній підписці широкого профілю та діапазону. Але більшість сервісів все ж є залежними від персональної техніки. Це в першу чергу Photoshop, Illustrator, Premiere.

В даний час різними розробниками створено спеціалізовані хмарні сервіси, що дозволяють піти від персональної техніки. Наприклад, завдяки графічному сервісу Canva можна створювати різноманітні графічні роботи використовуючи шаблони розмірів під пристрої зв'язку або соціальні мережі (рис. 4). Динний сервіс дозволяє створювати як статичні, так і анімовані пости, що за своїм виглядом не поступаються професійним. А діапазон інструментів дозволяє гнучко налаштовувати дизайн на будь-які потреби. Сервіс дозволяє створювати і ряд поліграфічних робіт, такі як візитки, буклети, журнали.

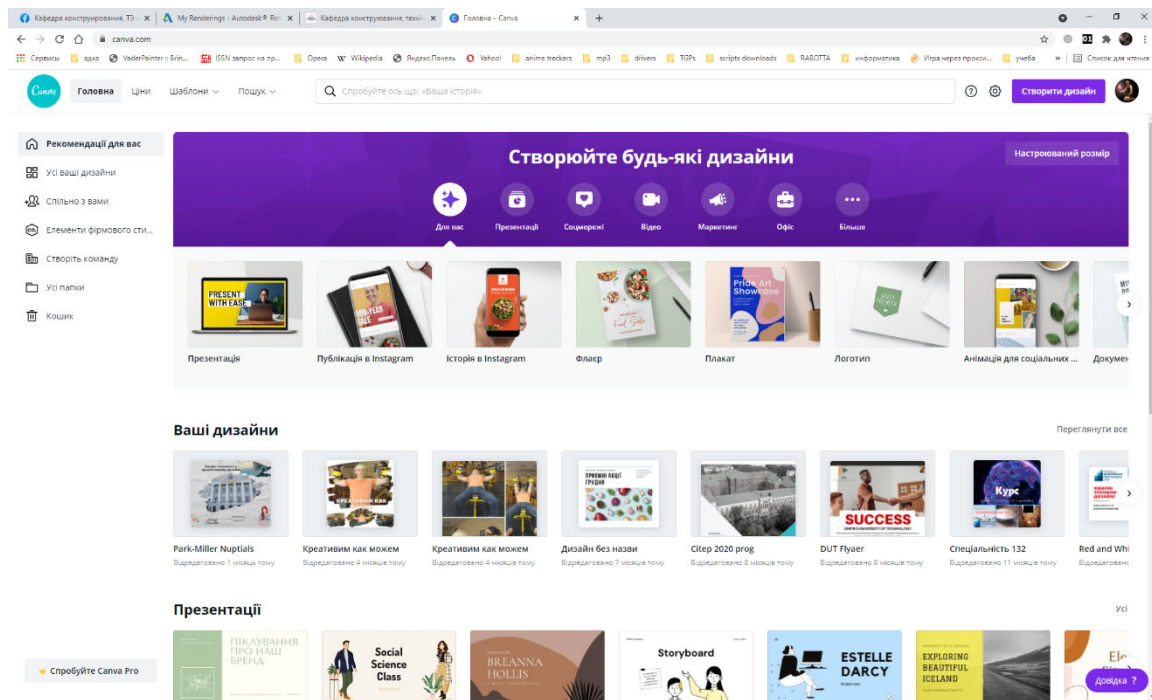


Рис.4. – Сервіс Canva

Одним з найбільш бажаних результатів візуалізації робіт є тривимірні моделі. Безкоштовний хмарний сервіс SketchUp дає можливість створювати тривимірні моделі не встановлюючи додаток на комп'ютер (рис.5). Хоча десктопне рішення даного сервісу також існує. Даний сервіс також пропонує багату бібліотеку тривимірних елементів для використання в проектах абсолютно безкоштовно. Завдяки цьому робота дизайнера інтер'єру може бути багаторазово прискорена.

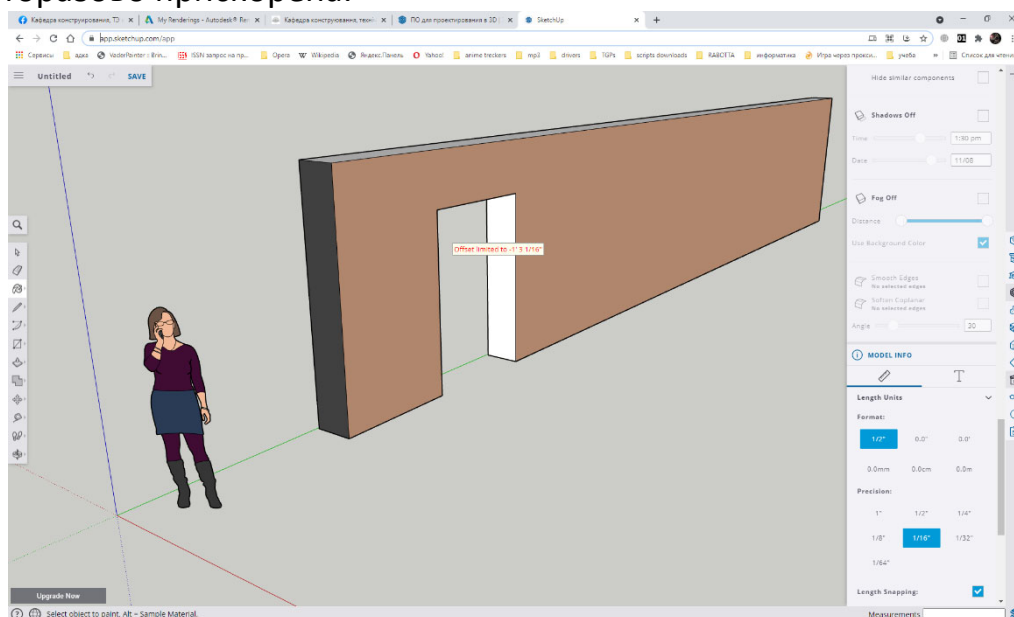


Рис.5. – Сервіс 3Д моделювання SketchUp

В рамках курсу хмарних технологій студенти розглядають також ряд сервісів, які дозволяють створювати сучасні адаптивні сайти і багато іншого.

Як показано вище останнім часом хмарні сервіси стали наближати до своїх більш професійних аналогів на персональній техніці. Це дозволяє отримати доступ до виконання даних типів роботи все більшій кількості фахівців з різних країн.

Цифрова грамотність фахівця дозволяє йому в умовах обмежень на пересування просувати свої послуги та продукти найбільш вдало якщо він володіє знаннями в даній області. Наприклад, для отримання інформації про вакансії життєво необхідно стало мати свій профіль в соціальних мережах для фахівців. В профілях фахівців повинні обов'язково бути присутні цифрові портфоліо робіт. Тільки при наявності даних умов до сучасних фахівців виникає довіра від споживачів їх товарів і послуг.

В рамках навчання студенти заводять акаунти в мережі LinkedIn. Грамотно заповнюють профіль, вказують освіту, місця проживання, навички якими володіють, а також сертифікати, які отримали навчаючись в стінах університету. Викладачі підтверджують навички студентів в їх профілях що сприяє більш довірчому відношенню. Також студенти можуть пройти тестування від самої соціальної мережі з метою підтвердження своїх навичок. Про це буде вказувати спеціальний бейдж, що знаходиться навпроти даного навика. Заповнюючи профіль можна вказати перелік публікацій і проектів, а також додати учасників по проектам, розширивши таким чином свою професійну мережу.

В рамках заповнення профілю LinkedIn можна вказати професію, за якою бажано працевлаштуватися або напрям професійної діяльності, в якому зацікавлений користувач. При грамотному оформленні профілю по вашому роду діяльності будуть приходити запрошення на працевлаштування. Бажано заповнювати профіль не тільки на рідній мові, а й англійською. В такому випадку з більшою ймовірністю можна отримати запрошення на роботу від зарубіжних команд або компаній.

Заповнюючи профіль необхідно в контактній інформації задати лінк на цифрове портфоліо робіт. В рамках завдань по тривимірному моделюванню студенти виконують ряд завдань і отримані моделі завантажують в профіль академії Autodesk а також в спеціалізований сервіс цифрових тривимірних робіт Sketchfab (рис.6).

Навчальний процес організований таким чином, що після закінчення навчання студенти мають заповнені профілі в мережі фахівців та заповнені цифрові портфоліо робіт [4]. Мережа LinkedIn дозволяє з отриманої інформації автоматично згенерувати резюме для роздруківки.

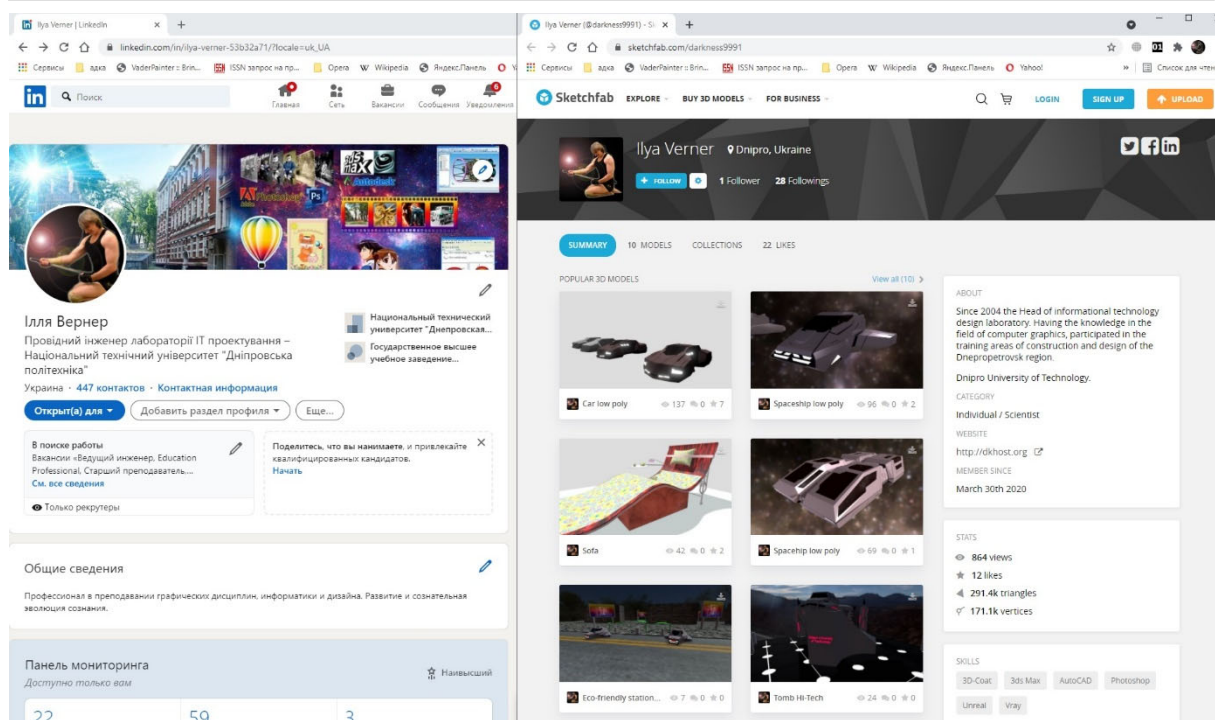


Рис.6. – Профіль в LinkedIn і цифрове портфоліо Sketchfab

Таким чином після закінчення навчання, а іноді і під час навчання студенти вже отримують запрошення на працевлаштування або можливість брати участь в якості підрядників в конкретних проектах.

Використовуючи надані у матеріалі та інші графічні сервіси спеціалісти інженерної спрямованості мають змогу робити наочні зображення проектного обладнання промислових та інших споруд професійної якості. Це в свою чергу є у даний час однієї із важливих компетенцій сучасного фахівця.

Висновки. Хмарні рішення для бізнесу - приваблива можливість скоротити капітальні витрати компанії і спростити процес подальшого масштабування. Застосування хмарних сервісів дозволяє працювати з будь-якої точки світу, де є інтернет, і економити завдяки використанню тільки тих продуктів, в яких є необхідність.

Хмарні обчислення активно розвиваються, в зв'язку з чим спеціалізація ІТ-фахівця на хмарні обчислення і сервіси відкриває нову сферу для застосування своїх талантів, оскільки перехід від традиційного ІТ-середовища до хмарних обчислень неминучий. Знання в цій галузі можуть стати істотною перевагою при пошуку роботи в будь-якої сфері.

Наявність профіля у соціальних професійних мережах та цифрового портфоліо дають змогу майбутнім фахівцям стрімко розвивати свої професійні навички та поширювати інформацію серед роботодавців та колег.

ЛІТЕРАТУРА

1. Особливості графічної підготовки майбутніх інженерів-механіків на основі комп'ютерно орієнтованих технологій // О.М. Джеджула, А.Й. Островський, Ю.Л. Хом'яківський / Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / Серія «Педагогіка, Психологія, Філософія» / Редкол.: Ніколаєнко С.М. та ін. – К.: 2014. – Вип. 199. – Ч. 2. – С. 95-100.
2. Перспективи впровадження Fusion 360 в навчальний процес / А.В. Гагалюк / Всеукраїнська науково-практична конференція «Обладнання і технології сучасного машинобудування» присвячена пам'яті професора Нагорняка Степана Григоровича. – Тернопіль: 2017. – С. 52-55.
3. Огляд он-лайн сервісів для перегляду та редагування тривимірних моделей / О.О. Мосіюк / Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2017» (14 груд. 2017 р., м. Київ) [Електронний ресурс] / за ред. Спіріна О.М. та Яцишин А.В. – К.: ІІТЗН НАПН України, 2017. – С. 304-306. – Режим доступу: <http://lib.iitta.gov.ua/view/divisions/gen=5Fres=5Fiitzn/2017.html> (дата звернення: 24.12.2020).
4. Цифрові профілі/портфоліо студентів спеціальності 132 Матеріалознавство на сайті університету. – Режим доступу: [https://okmm.nmu.org.ua/ua/Autodesk %20Design %20Academy %20students.php](https://okmm.nmu.org.ua/ua/Autodesk%20Design%20Academy%20students.php) (дата звернення: 24.12.2020).

УДК 681.932.4

ВИВЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У ДИСЦИПЛІНІ “ТЕХНОЛОГІЇ 3D ПРОТОТИПУВАННЯ”

А.Ю. Фартушна¹, І.М. Мацюк², О.М. Твердохліб³

¹ст. гр. 132-18-2 спеціальності 132 «Матеріалознавство» за напрямком освіти «Промислова естетика та сертифікація матеріалів та виробів», Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: fartushnyaanna2018@gmail.com

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

³старший викладач кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: tverdokhlib.o.m@nmu.one

Анотація. В роботі проведено теоретичні дослідження фотополімерних матеріалів для 3D друку, технічні характеристики та застосування виробів в житті.

Ключові слова: прототипування, фотополімерні матеріали, 3D-друк, стереолітографія, цифрова проекторна світлодіодна проекція, технологія 3D-друку SLA.

TECHNICAL CHARACTERISTICS OF PHOTOPOLYMER MATERIALS STUDY AND IT APPLICATION AT 3D PROTOTYPING TECHNOLOGIES COURSE

Anna Fartushna¹, Irina Matsyuk², Oleksander Tverdokhlib³

¹Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: fartushna-yaanna2018@gmail.com

²Ph.D., Associate Professor of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: matsyukin@ua.fm

³Senior lecturer of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: tverdokhlib.o.m@nmu.one

Abstract. Theoretical researches of photopolymer materials for 3D printing, technical characteristics and application of products in life are carried out in the work.

Keywords: prototyping, photopolymer materials, 3D printing, stereolithography, digital projector LED projection, 3D printing technology SLA.

Введення. При вивченні дисципліни “Технології 3D прототипування”, однією із тем є матеріали, які використовують при прототипуванні виробів. Одним із матеріалів, який широко використовується для прототипування є фотополімер. Фотополімер або світлополімер – це особливий матеріал, який змінює свої властивості під впливом світла. При цьому найчастіше джерелом світла служить саме ультрафіолет (природним джерелом ультрафіолетових променів, як ми всі знаємо ще зі шкільної лави, є сонце і сонячне світло). В якості модельного матеріалу для фотополімерного 3D друку використовуються спеціальні фотополімери – світлочутливі смоли.

Сфера застосування фотополімерного матеріалу при 3D друку різноманітна. Застосовується такий матеріал в різних сферах виробництва. Наприклад, у стоматологічному протезуванні застосовують технологію фотополімеризації. Також широко використовується у медицині, ювелірному виробництві, машинобудуванні, автомобільній промисловості, друк сувенірів та іграшок.

Мета роботи. Метою роботи є зрозуміти що таке фотополімери, дослідити які існують види, де вони застосовуються та яку технологію 3D-друку використовують при виготовленні виробів із цього матеріалу.

Матеріал та результати досліджень. Фотополімери для 3D-друку за технологією SLA (стереолітографія або Laser Stereolithography) [1] це є рідкі пігментовані смоли, які перетворюються в твердий матеріал, що нагадує пластик після впливу на нього ультрафіолетового лазера. Цей матеріал і технологія дозволяють отримати високодеталізовані і високоточні вироби (до 30 мікрон). Існують варіації матеріалу, які дозволяють імітувати різні види пластика (наприклад, ABS) і навіть гумоподібний матеріал.

За технологією SLA з фотополімерної смоли можна друкувати практично що завгодно. В силу точності і високої швидкості друку цей матеріал, як і технологія, стали затребувані у багатьох галузях. Фотополімерні смоли відрізняються біосумісністю і тому активно використовуються в стоматології - здійснюючи 3D -друк точних моделей протезів і імплантатів.

Затребуваний фотополімер SLA в промисловій сфері, для 3D -друку тонких і складних дизайнерських робіт, презентаційних та наочних матеріалів. Якщо необхідно надрукувати складний об'єкт з нависаючими деталями, то використовуються підтримки, які друкуються зі спеціального матеріалу і легко видаляються руками або в спецрозчині.

Вироби, надруковані з фотополімера SLA, відрізняються гладкою поверхнею і тому практично не вимагають доопрацювання, за винятком видавлення підтримок, якщо такі є. Характеристики матеріалу і технології дозволяють здійснювати 3D -друк складних механізмів, що рухаються і їх деталей.

Приклад надрукованого виробу із фотополімерного матеріалу [2] показано на рис. 1.



Рисунок 1 – Надрукований на 3D-принтері виріб з фотополімера Formula L1

Властивості фотополімера SLA. Характеристики фотополімера для SLA-друку багато в чому будуть залежати від конкретного полімеру, бренду і т.п

[3]. В основному це властивості, які нагадують ABS-пластик. Тобто висока міцність, довговічність, широка кольорова палітра. Крім того дані матеріали мають підвищену термостійкість. Основні технічні характеристики фотополімерів SLA наступні [4]:

- Склад УФ-зтверджуючий акріловий пластик.
- Межа міцності на розрив 49 МПа.
- Відносне подовження при розриві 8,3%.
- Температура деформації при 0,45 МПа 88° С.
- Щільність при 80° С 1,04 г/см³.
- Модуль пружності на розтягання 2168 МПа.
- Межа міцності на вигин 65 МПа.

Зазвичай фотополімери зберігаються в рідкому стані. Існують і інші полімери, які можуть змінювати свої властивості при нагріванні. Нас же цікавлять фотополімери, з якими світ від UV-джерел ініціює хімічні реакції, при яких змінюється структура, хімічні і механічні властивості. Ці матеріали є екологічно чистими і тому популярні в технологіях 3D-друку, оскільки при роботі з ними не виділяються шкідливі леткі речовини.

Ці полімери досить поширені в нашому повсякденному житті і можуть бути помічені в різних видах покриттів на металі, папері, пластмасах та деревних матеріалах. Люди навіть носять їх у роті, якщо вони проводили процедуру відновлення зуба [5].

Деякими з загальних полімерних основ для фотополімерів є полівінілціннамат, поліамід, поліізопрен, епоксидні смоли, акрил і на додачу разом з цими полімерами використовуються мономери, олігомери і т.д.

Використання джерела світла при виготовленні полімерів було досить популярним в 19 столітті. Сонячне світло використовувалось для перетворення вінілхлорацетату в полівінілхлорацетат в технологічному ланцюжку виробництва пляшок. Так само фотополімери широко застосовуються в електроніці.

У технологіях 3D-друку, таких як стереолітографія, моделі друкуються для зняття силіконових форм, різних прототипів і кінцевих виробів, які піддаються механічним навантаженням. Фотополімерний 3D-друк - це група технологій адитивного виробництва, які зтверджують рідкі фотополімери для створення об'єкту шар за шаром, до них відносяться технології mjm, dlp, lcd, sla, polyjetі т.п [6].

Висновок. Використання фотополімерів для 3D друку дуже зручне як з економічної так й з повсякденної сторони. Для друку з фотополімерного матеріалу потрібні опорні конструкції, що збільшує час на друк одного виробу. Тим не менш, деякі складні геометрії можуть бути отримані з меншою кількістю опор у порівнянні з технологією FDM. Це пов'язано з тим, що резервуар

зі смолою заповнений смолою по всьому периметру, тому, якщо є виступи під якими порожнеча, їх можна просто прикріпити до основного корпусу деталі під час затвердіння.

У порівнянні з іншими методами прототипування, друк з фотополімерного матеріалу відбувається набагато швидше, а сучасні машини можуть бути надзвичайно швидкими. Без втрати якості полімерні принтери можуть виробляти деталі з високою деталізацією протягом декількох годин або днів в залежності від розміру. Для багатьох застосувань, таких як прототипи, нестандартні стоматологічні шаблони і майстер-моделі для прес-форм, друк на смолі економить бюджет та час.

ЛІТЕРАТУРА

2. Стереолітографія (Laser Stereolithography, SLA) <https://pro3d.com.ua/a367313-stereolitografiya-laser-stereolithography.html>.
 3. 9 фотополімерів для 3D-печати, которые вас удивят <https://blog.iqb.ru/prototab-resins/>
 4. The 3D printing technologies [Electronic resource]. Available at: <https://www.aniwaa.com/3dprinting-technologies-and-the-3d-printing-process>
 5. Материалы для 3D печати <https://3d-services.ru/materialy-dlya-3d-pechati/>
 6. Фотополімер и 3d-печать <https://gorkyliquid.ru/company/articles/1513/>
- 3D Printers and 3D Printing: Technologies, Processes and Techniques <https://www.sculpteo.com/en/3d-printing/3d-printing-technologies/>

УДК 372.147:331.101.1

ЕРГОНОМІКА – НЕОБХІДНА СКЛАДОВА ПІДГОТОВКИ СУЧАСНОГО ТЕХНІЧНОГО ФАХІВЦЯ

Т.Є. Ліснич¹, К.А. Зіборов², Т.О. Письменкова³

¹ст. гр. 132-19-2 спеціальності 132 «Матеріалознавство» за напрямком освіти «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів», Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, е-mail: lisnycha.t.y@nmu.one

²зав. кафедрою конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, е-mail: ziborov.k.a@nmu.one

³Доц. кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, е-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

Анотація. В роботі обґрунтовано необхідність урахування ергономічних показників системи «людина-техніка-середовище» при проектуванні виробів. Продемонстровано етап антропометричного дослідження в рамках підготовки студентів ОП «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів» спеціальності 132 Матеріалознавство.

Ключові слова: ергономічні показники, система «людина-техніка-середовище», антропометричні дослідження.

ERGONOMICS AS A NECESSARY COMPONENT OF TRAINING A MODERN TECHNICAL SPECIALIST

T. Lysncha¹, K. Ziborov², T. Pismenkova³

¹Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: Lisnycha.T.Y@nmu.one

²Head of Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

³Associate Professor of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

Abstract. The paper substantiates the need to take into account the ergonomic performance of the system "man-machine-environment" when designing products. The stage of anthropometric research in the framework of training specialty 132 Materials Science students is demonstrated.

Keywords: ergonomic indicators, system "man-technique-environment", anthropometric researches.

Вступ. Щодня ми стикаємося в побуті з промисловим дизайном і даємо йому свою суб'єктивну оцінку. В першу чергу ця оцінка ґрунтується на зовнішньому вигляді продукту. Зовнішній вигляд для багатьох виробів є одним з ключових чинників, що визначають популярність і попит на продукцію. У сьогоdnішній економіці ключова цінність зміщена з продукту як такого в сторону емоцій і вражень споживача, який взаємодіє з ним. Однак, не можна продати продукт тільки за рахунок його візуальних особливостей, позбавлених технологічної складової.

В той же час, технологічна складова виробу, яка позбавлена адаптації до використання ним певною групою населення, також не має високих показників затребуваності. Тому при проектуванні нового і модернізації існуючого виробу особливо важливо заздалегідь і з максимально доступною повнотою враховувати можливості і особливості людей, які ним будуть користуватися. Звідси виникає необхідність у проведенні всебічних досліджень, які пов'язані з вивченням антропометричних, психофізіологічних, сенсомоторних та енергетичних характеристик людини для організації просторового компонування, розмірів, технологічного оснащення, розміщення виробничого обладнання та технологічних ліній. Саме цими питаннями і займається предметна область такої науки, як ергономіка.

Ергономіка виникла у зв'язку зі значним ускладненням технічних засобів і умов їх функціонування в сучасному виробництві та побуті, істотною

змінюю трудової та побутової діяльності людини, синтезуванням в ній багатьох функцій. Ергономіка сформувалася на стику наук – психології, фізіології і гігієни праці, соціальної психології, анатомії, антропометрії і ряду технічних наук.

Підготовка сучасного технічного фахівця повинна враховувати ці потреби суспільства, тому в рамках підготовки студентів ОП «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів» спеціальності 132 Матеріалознавство на 2-му курсі підготовки бакалаврів викладається дисципліна «Ергономіка та технічна естетика».

Мета роботи. Обґрунтування необхідності урахування ергономічних показників системи «людина-техніка-середовище» при проектуванні виробів.

Матеріал та результати досліджень. Сучасна ергономіка накопичила досить багато відомостей про закономірності діяльності людини. Проте з боку більшості розробників виробів вони залишаються малопридатними. І хоча ці знання представляються занадто гуманітарними, неформалізованими і розрізненими, використання їх є вкрай необхідними для опису і моделювання взаємодії людини і виробу.

Ергономічні властивості товарів при тривалій експлуатації здатні вплинути на стан здоров'я людини. Наприклад, несумісність форми взуття зі стопою ноги людини може зробити істотний вплив на її здоров'я (рис. 1). При носінні такого взуття обмежується амортизаційна функція стопи, активний відпочинок м'язів, який полягає в чергуванні їх напруги і розслаблення, виникають спазматичні болі в нижніх кінцівках, викривлення, недостатнє кровопостачання, обмеження працездатності кінцівок, відбувається неправильний розподіл маси тіла на суглоби, утворюються хворобливі потертості, травми зовнішнього і внутрішнього виростків, кісткові нарости тощо.



Рисунок 1 – Приклад несумісності форми взуття зі стопою ноги людини

Занадто тісне і коротке взуття створює підвищений тиск на стопу (до 6,1-8,1 кПа). Тривале стиснення кровоносних судин може навіть привести до відмирання тканин. Обмеження свободи рухів стопи є причиною ослаблення м'язів і порушення їх функцій. Широке взуття також перешкоджає правильному функціонуванню стопи, викликаючи зсув її вперед і перенесення центру ваги тіла на пальці. Хо́да у вільному взутті стає невпевненою, що призводить до вивихів гомілковостопного суглоба, а також потертості шкіри пальців і п'яти.

Все це може привести до збільшення кількості хвороб, пов'язаних з виробничою діяльністю людини, зниження показників ефективності існування системи «людина-техніка-середовище» та продуктивності праці.

Технічно складні товари, використання яких засновано на управлінні ними людиною, створюються також з урахуванням даних антропометричних особливостей людей, оптимальних і максимальних зон робочих рухів. Так, оптимальний робочий простір водія, керуючого автомобілем, обмежена дугами, що описуються кожною його рукою при обертанні в ліктьовому суглобі (радіус дуги дорівнює в середньому 34 см); крім того, існує функціональна і морфологічна асиметрія, притаманна руховому апарату людини, наприклад «праворукість». Ці особливості враховують при розміщенні органів управління транспортним засобом (рис. 2).



Рисунок 2 – Приклад розташування органів управління

При роботі з елементами управління також велике значення має швидкість реакції на сигнал. Як показали дослідження, рухи кисті правої руки здійснюються швидше на 14-15%, ніж кисті лівої руки.

Елементи управління технічним продуктом зручні тільки тоді, коли розташовуються відповідно до логіки і послідовності дій людини, що використовує продукт. Елементи індикації та управління виробом розміщуються з

урахуванням точності, з якою сигнал з приладу повинен бути лічений; швидкості сприйняття; зручності маніпулювання; значущості виконання операції; послідовності і частоти використання. При проектуванні також треба враховувати не тільки особливості роботи людини стандартними органами управління, а й частоту, і величину зусиль керуючих рухів, ступінь складності операцій.

Робоче середовище є також важливою складовою ефективності існування складних виробничих систем з позиції сучасної ергономіки. При проектуванні робочого середовища слід враховувати, що вплив факторів зовнішнього середовища може не тільки бути причиною порушень функціонального стану і рівня працездатності людини-працівника, а й впливати як фізичні перешкоди на робочу діяльність. Наприклад, високий рівень шуму або низька освітленість пульта керування можуть створювати ефект маскування корисного сигналу.

Яким же чином можна допомогти людині і знизити негативні наслідки ускладнення діяльності? Є єдиний шлях – перейти від інтуїтивних методів пошуку раціональних рішень при створенні і існуванні системи «людина-техніка-середовище» до науково-обґрунтованих, що базуються на результатах комплексних ергономічних досліджень, і до ергономічної грамотності майбутніх фахівців.

Урахування людського фактору в сучасних технічних системах покликане не лише шкідливими наслідками для здоров'я людини, а і об'єктивними закономірностями розвитку промисловості та економіки, і високими вимогами які висувають сучасні технічні пристрої до формування нових здібностей людини в плані сенсорної, інтелектуальної та рухової діяльності відповідно до тих можливостей, які відкриваються перед ним з розвитком техніки.

Комплексні критерії оптимальності виробничих систем, що розробляються за допомогою сучасної ергономіки, відображають ступінь ефективності як самої системи, так і відповідності її психофізіології людини, і враховують у взаємозв'язку психологічні, фізіологічні, гігієнічні та антропометричні чинники. Проектування і впровадження нових зразків техніки з орієнтацією тільки на критерії продуктивності обладнання призводять в остаточному підсумку, як відзначають найбільш далекоглядні економісти, до підвищення тяжкості праці і зниження суспільно необхідного рівня його інтенсивності [3].

До антропометричних показників, що характеризують відповідність виробів розмірами і формою людського тіла і його окремих частин що входять в контакт з виробом; конструкції виробу за розподілом маси людини та

ін. Для зручності формування і використання цих показників будуються спеціальні діаграми і схеми (рис. 3), що зображують взаємодію людини з виробом, на яких виділяються зони досяжності рук, кути поля зору при різному розміщенні органів управління, індикаторів і т. п.

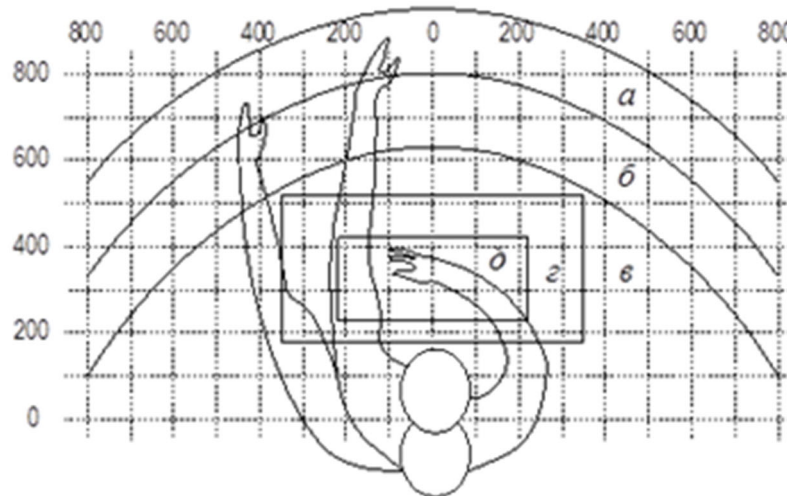


Рисунок 3 – Зона досяжності рук у горизонтальній площині

а) зона максимальної досяжності; б) зона максимальної досяжності пальців при витягнутій руці; в) зона легкої досяжності долоні; г) оптимальний простір для грубої ручної роботи; д) оптимальний простір для тонкої ручної роботи

Для проектування проводять антропометричні обстеження людей в межах антропометричної групи і визначають середні значення найбільш важливих показників частин тіла в заданих положеннях. Проектуючи в межах декількох близьких за своїми показниками груп (наприклад, для вищих навчальних закладів), вказують середні показники віково-ростових груп.

В рамках підготовки студентів ОП «Промислова естетика і сертифікація матеріалів та виробів» спеціальності 132 Матеріалознавство кафедрою конструювання, технічної естетики і дизайну НТУ «Дніпровська політехніка» на 2-му курсі при підготовці бакалаврів в межах дисципліни «Ергономіка та технічна естетика» проводяться вимірювання розмірних характеристик тіла людини (рис. 4). Отримані характеристики використовуються для проведення як статистичного аналізу кількісних показників антропометрії, так і урахування отриманих даних при подальшому проектуванні елементів виробів, які можливо використовувати для здійснення виробничої діяльності.



Рисунок 4 – Проведення антропометричних вимірювань. Лабораторна робота №1. Розмірна характеристика тіла людини

Для максимального задоволення споживчого попиту необхідно все розмаїття форм людини зробити оптимальним для проектування або виробів, або виробничого середовища. Кількість обраних типорозмірів треба розрахувати так, щоб виріб, сконструйований на їх основі підходив максимальній кількості людей. Для виділення необхідних типорозмірів отримані результати антропометричного обмірювання піддаються математичній обробці.

Статистика результатів проведених вимірювань антропометричних показань по контрольованим точкам (рис.4) зводиться в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювань зросту

Середнє значення антропометричного показника, см	162	165	168	171	174	177	180
Кількість показників	1	5	6	9	4	2	3
Ймовірність	1/30	5/30	6/30	9/30	4/30	2/30	3/30

Результатом будь-якого статистичного дослідження є отримання різних статистичних показників, що дозволяють оцінити рівень, варіацію, структуру, взаємозв'язки і динаміку досліджуваних явищ. Тому за результатами проведених вимірювань визначаються статистичні показники (математичне

сподівання, середньоквадратичне відхилення, дисперсія та ін.), які адекватно описують отримані значення.

Подальше художнє конструювання (масове і серійне) ведеться на основі середньостатистичних антропометричних показників. При цьому середні значення показників беруться в тому випадку, якщо вони більш зручні в функціональному відношенні, ніж їх крайні варіанти. Індивідуальне проектування ведеться на основі антропометричних ознак і особливостей окремого людського тіла, а також умов середовища, де вона здійснює свою виробничу діяльність.

Простір, необхідний людині при різних положеннях тіла, залежить не тільки від розмірів тіла, але і від характеру вчиненого дії, розмірів і форми навколишнього обладнання та планувальних параметрів приміщення. Визначення необхідних антропометричних показників залежить або від виду і характеру діяльності якою займається людина, або від об'єкту який проектується. В подальшій роботі під час проектування враховуються усі ергономічні чинники, які впливають на діяльність людини.

Висновок. Вищевказаний підхід при підготовці фахівців технічних спеціальностей тягне за собою певну зміну стратегії технічної думки, проектування виробів, середовища або всієї технічної системи. При розробці технічного завдання необхідно виходити з ідеї обслуговування діяльності людини технічними засобами і, відповідно, враховувати насамперед позитивні можливості людини як дійсного суб'єкта всієї виробничої системи, те, що становить його переваги в порівнянні з технікою. Такий підхід відповідає тенденціям розвитку сучасної якісної техніки і економіки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анохин А.А., Падерно П.И., Сергеев С.Ф. Человеческий фактор в сложных технических системах и средах // Труды Второй международной научно-практической конференции «Эрго 2016». Санкт-Петербург. Северная звезда. 2016. – 536 с.
2. Зинченко В.П. Философское наследие / Москва. Санкт-Петербург. ЦГИ «Принт». 2016. – 504 с.
3. Ломов Б.Ф. Человек и техника: очерки инженерной психологии / Москва. Книга по требованию. 2012. – 464 с.
4. Климов Е.А. Введение в психологию труда / Москва, Издательство Московского университета. Академия. 2004. – 336 с.
5. Ермолаева М.В. Эргономические исследования человеческого фактора в современных технических системах // МГТУ им. Н.Э. Баумана. Москва, Journal «Humanities Bulletin of BMSTU». 2018. – №9.

УДК 004.925.8

ЗАСТОСУВАННЯ ВІДЕОУРОКІВ ПРИ ВИКЛАДАННІ ГРАФІЧНИХ ДИСЦИПЛІН СТУДЕНТАМ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Д.С. Пустовой¹, О.О. Мирний²

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

²студент гр. 132-20ск-2 спеціальності «Матеріалознавство» за напрямом освіти «Промислова естетика та сертифікація матеріалів та виробів», Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: Myrnyi.O.O@nmu.one

Анотація. У статті підкреслюється актуальність запровадження та розглядаються переваги при викладанні графічних дисциплін з використанням цільових навчальних відеоуроків при вивченні дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка». Обґрунтовано доцільність запровадження певних змін навчального процесу з вивчення графічних дисциплін, враховуючи зростаючу роль у навчальному процесі інформаційних та мультимедійних технологій.

Ключові слова: відеоурок, графічні дисципліни інформаційно-освітні технології, AutoCAD.

APPLICATION OF VIDEO LESSONS IN TEACHING GRAPHIC DISCIPLINES TO THE STUDENTS OF ENGINEERING AND TECHNICAL SPECIALTIES

Dmytro Pustovoi¹, Oleksii Myrnyi²

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

²student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: Myrnyi.O.O@nmu.one

Abstract. The article emphasizes the relevance of the introduction and discusses the advantages of teaching of the graphic disciplines using targeted video tutorials during the studying of the discipline "Engineering and computer graphics". The introduction of certain changes in the educational process of studying graphic disciplines is substantiated, taking into consideration the growing role of information and multimedia technologies in the educational process.

Keywords: videolesson, graphic disciplines, information and educational technologies, AutoCAD.

Вступ. В умовах скорочення термінів навчання у вишах і, відповідно, часу відведеного в освітньому процесі на вивчення графічних дисциплін, виникає необхідність певного перегляду змісту робочих програм, а також методик викладання для більш ефективного засвоєння матеріалу студентами.

У НТУ “Дніпровська політехніка” дисципліна «Інженерна та комп'ютерна графіка» вивчається студентами першого курсу зазвичай один семестр. Враховуючи це, перед викладачем стоїть завдання подачі великого обсягу навчального матеріалу при обмеженій кількості аудиторних годин, що неможливо без застосування сучасних інформаційно-освітніх технологій.

Враховуючі високий рівень комп'ютерної грамотності сучасних студентів, використання мультимедійних засобів в учбовому процесі надає викладачу можливість подати навчальний матеріал в найбільш наочною і зрозумілою для студента формою [1-2].

Мета роботи. Показати можливості та переваги використання відеоуроків при виконанні студентами завдань з дисципліни “Інженерна та комп'ютерна графіка” у навчальному процесі при підготовці фахівців інженерно-технічних спеціальностей, що ефективно впливає на якість засвоєння викладеного матеріалу; стимулює у студента потребу і зацікавленість щодо подальшого використання отриманих знань в процесі навчання.

Матеріал та результати досліджень. Значний інтерес у студентів викликають відеоуроки з виконання завдань інженерної та комп'ютерної графіки використовуючи можливості програмного продукту AutoCAD. Важливо, що графічний редактор можна використовувати не тільки як електронний кульман, але як і засіб, що формує здатність майбутнього інженера до самостійного аналізу і синтезу просторових форм і площин, що сприяє формуванню навичок з комп'ютерного моделювання у студента при виконанні обов'язкових навчальних завдань.

У викладанні графічних дисциплін, коли наочність подачі матеріалів має першочергове значення, перевага застосування відеоуроків є очевидною. На кафедрі конструювання, технічної естетики і дизайну НТУ “Дніпровська Політехніка” розроблено спеціальний відеокурс, що складається з двох тематичних частин. Перша частина – пласке креслення в AutoCAD, друга – 3D-моделювання. Для кожної частини було розроблено загальний сценарій відеокурсу, а потім після тестування – доопрацьовано детальний сценарій кожного відеоуроку.

Оскільки на заняттях з комп'ютерної графіки студенти повинні виконувати графічні роботи з інженерної дисципліни, що потребує від кожного з самого початку навчання освоювати систему AutoCAD, то відеоуроки повинні містити багато нової деталізованої інформації для майбутнього фахівця, але при цьому не повинні бути занадто розтягнутими в часі для ефективного засвоєння матеріалу.

Перша частина відеокурсу містить чотири відеоуроки. Визнано за доцільне для спрощення задачі пошуку потрібного матеріалу зробити студенту окремо вступні уроки по огляду можливостей інтерфейсу та необхідного для

Використання відеоуроків при викладанні дисципліни “Інженерна та комп’ютерна графіка” дозволяє оптимізувати навчальний процес [3]. Студе-

нтам пропонується під час виконання самостійної роботи вдома, з застосуванням власної комп'ютерної техніки, ознайомитись з викладеним матеріалом по відеоуроку і покроково виконати завдання лабораторної роботи.

Відеоуроки по прийомам «плаского» креслення в програмі AutoCAD також мотивують студента до ефективного засвоєння навчальної дисципліни, так як дозволяють уникнути значної кількості «рутинних» операцій, які характерні для виконання роботи з креслення в паперовій формі. Враховуючи, що середня тривалість відеоурока - 25-30 хвилин, викладений наочно матеріал дозволяє студенту швидко знаходити потрібну інформацію. Оптимальна тривалість уроку і прийнятний формат подачі матеріалу з можливістю копіювання (скачування) файлу на персональний комп'ютер студента є зручним засобом у засвоєнні графічних дисциплін, що важливо для студентів, які проживають у віддалених регіонах з повільною швидкістю Інтернету.

В ході проведення занять викладачем і студентами спільно обговорюються складні, незрозумілі для окремих слухачів моменти з переглядом необхідних фрагментів уроку або в разі необхідності і всього відеоуроку, після чого кожен студент приступає до виконання свого власного індивідуального завдання. Друга частина відеокурсу, що вивчається у наступній чверті, присвячена засвоєнню і виконанню студентами необхідних операцій з побудови 3D-моделей. Фрагмент з уроку представлений на рисунку 3.

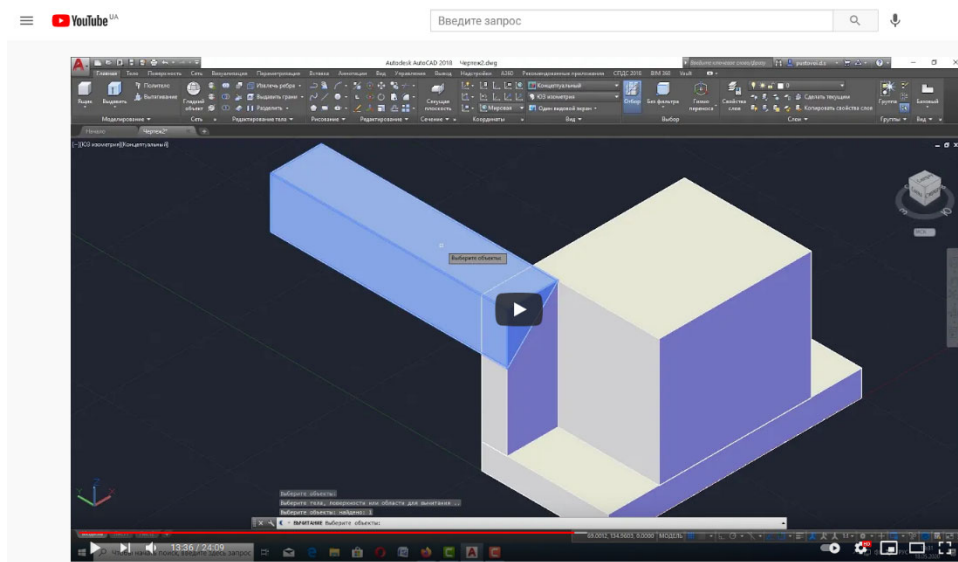


Рисунок 3. – Фрагмент відеоуроку за темою «Побудова 3D-моделі за наочним зображенням»

Як показує практика викладання дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» подача навчального матеріалу в формі відеоуроків має незаперечні переваги і позитивно сприймається студентами. Перш за все, завдяки

наочності викладання матеріалу, а також доступної форми подачі навчального матеріалу, адресної подачі інформації. Крім того у студента є можливість самостійного планування часу на виконання завдань, за потреби повторно переглядати зміст відеоуроку, відсутня необхідність конспектувати матеріал. В свою чергу викладач, маючи в розпорядженні якісний, добре підготовлений відеоурок, менше часу витрачає на необхідність багаторазового повторення базового навчального матеріалу.

Використання комп'ютерної техніки в навчальному процесі відкриває нові можливості в організації процесу взаємодії викладача і студента. Мережеві комп'ютерні технології дозволяють користувачам обмінюватися електронними документами, викладачу контролювати процес виконання завдань, консультувати, демонструвати наявні прийоми роботи студенту в режимі онлайн. Під час проведення аудиторних занять з'являється технічна можливість у викладача підключитися до ПК студента, контролювати правильність виконання завдання студентом, а в разі потреби оперативно надати йому допомогу.

У викладача вивільняється час на індивідуальну роботу зі студентами: це опитування, роз'яснення окремих складних моментів, подача додаткового матеріалу для слухачів, що зацікавлені в більш глибокому вивченні дисципліни "Інженерна та комп'ютерна графіка".

Крім позитивного впливу відео уроків на слухачів, що дозволяє підвищити якість засвоєння кожним студентом викладеного матеріалу, такий підхід надає можливість викладачу приділити певний час на вирішення творчих завдань наукової діяльності.

Наявність відеоуроків, які висвітлюють системно викладений відповідно до вимог робочої програми матеріал, дозволяє викладачам якісно і ефективно вести професійну підготовку майбутніх спеціалістів усіх потоків денної, заочної та дистанційної (за необхідності) форми навчання протягом навчального року.

Зазначений контент можна знайти на каналі YouTube, вебсайті кафедри, платформі дистанційного навчання Moodle, яка запроваджена в університеті - все перераховане є доповненням до традиційних способів навчання та їх логічним продовженням. Запропонований учбовий контент дозволяє майбутнім спеціалістам засвоювати навчальну інформацію відповідно до законів раціонального сприйняття, розвиваючи професійні компетенції студентів вишу як денної форми, так і заочної форми навчання.

Важливою перевагою технології навчання за допомогою відеоуроків, завантажених на YouTube або на платформу Moodle, є можливість для студента переглядати їх у будь-який зручний час. Разом з цим, студенти при

виникненні питань з вивчення предмету можуть оперативно проконсультуватися з викладачем кафедри з питань, що виникають у них після перегляду змісту відеоуроку, в будь-який час протягом семестру. Після отримання повідомлення про появу у студента запитання до змісту відео уроку, викладач може в будь-який час прийти на допомогу і надати відповідні роз'яснення.

Відеоуроки записані в форматі MP4, тому можуть відкриваються за допомогою низки програм (Media Player Classic, Quick Time, KM Player і ін.). Спосіб управління переглядом відеоуроку залежить від інтерфейсу вибраної користувачем програми перегляду. Для осмислення інформації, що надається, студентам рекомендується використовувати інструмент зупинки кадрів під час перегляду для більш ретельного аналізу побаченого.

Практичне застосування протягом останніх років при викладанні студентам інженерно-технічних спеціальностей графічних дисциплін у вигляді відеоуроків дозволяє прийти до висновку, що це ефективний спосіб наочної візуалізації і донесення до студента матеріалів робочої програми дисципліни "Інженерна та комп'ютерна графіка", що позитивно впливає на фахову підготовку майбутніх спеціалістів.

Висновки. Слід відзначити, що сучасні електронні навчально-методичні комплекси, які розроблені для конкретної робочої програми або напрямку є більш ефективними для сприйняття студентами і добре доповнюють процес традиційного навчання в аудиторії. Застосування сучасних комп'ютерних технологій і засобів мультимедіа у навчальному процесі, зокрема при вивченні студентами університету графічних дисциплін стимулює інтерес та активність слухачів при засвоєні матеріалу на заняттях.

Застосування відеоуроків при вивченні дисципліни "Інженерна та комп'ютерна графіка" слід визнати як один з сучасних підходів стосовно розробки методичного забезпечення, з використанням можливостей інформаційних технологій для ефективного вивчення студентом базових графічних дисциплін і позитивно впливає на засвоєння матеріалу з графічної підготовки майбутніми інженерами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голянд И.С. Внедрение дистанционного курса «Начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики» в процесс подготовки студентов инженерных специальностей / И.С. Голянд, В.А. Бойко // *European Applied Sciences*. – 2017. – № 3. – Р. 44–49.
2. Винник, Н.С. Современные интерактивные средства обучения в вузе // Н. С. Винник, В. А. Морозова/ *Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы*. Сборник трудов Международной научно-практической конференции 20 апреля 2016 года Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация. С. 27–30.

3. Тен, М.Г. Применение видеоуроков при преподавании начертательной геометрии в техническом вузе // Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции, Брест, 21 марта 2014 г. – Брест, 2014. – С. 8–9.

УДК 004.925.8

ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ПРОГРАМ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ ГРАФІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Т.С. Савельєва¹, Д.С. Пустовой²

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

²кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: pustovoi.d.s@gmail.com

Анотація. Розглянуто можливості і перспективи підготовки студентів інженерно-технічних спеціальностей з використання сучасних комп'ютерних технологій. Показано, що підготовка фахівців, які володіють інструментарієм САПР і вміють вирішувати конкретні завдання сучасного виробництва, дозволяє інтенсифікувати навчальний процес та підвищує конкурентоспроможність на ринку праці майбутніх фахівців.

Ключові слова: графічні дисципліни, САПР, конструкторська діяльність, 3D-моделювання.

USE OF SPECIALIZED 3D-MODELING PROGRAMS IN ORDER TO IMPROVE THE QUALITY OF MASTERING OF GRAPHIC DISCIPLINES

Tamara Savelieva¹, Dmytro Pustovoi²

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

²Ph.D., Associate Professor of Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: pustovoi.d.s@gmail.com

Abstract. Possibilities and prospects of training students of engineering and technical specialties using the modern computer technology are considered. It is shown that the training of specialists who are able to use CAD tools and solve specific problems of modern production, allows to intensify the educational process and increase the competitiveness of future professionals in the labor market.

Keywords: graphic disciplines, CAD, design activities, 3D modeling.

Вступ. Стрімкий розвиток нових інформаційних технологій відкриває серйозні можливості для вдосконалення навчального процесу та системи освіти в цілому. Нові інформаційні технології, що впроваджуються в освіту, сприяють його підйому на якісно новий рівень [1].

До дисциплін базової графічної підготовки в технічному університеті, відносяться: нарисна геометрія, інженерна графіка та комп'ютерна графіка. Нарисна геометрія, як теорія геометричного моделювання, є теоретичною основою цих дисциплін. Інженерна графіка - практична, прикладна дисципліна. Комп'ютерну графіку прийнято розглядати, як інформаційну технологічну дисципліну.

У даний час інформатизації, формоутворення цілком перекладається на системи автоматизованого проектування з їх широкими можливостями візуалізації. Тому на окрему увагу заслуговує використання різноманітних пакетів САПР у графічній підготовці студентів вишів. [2]

Для проектування нових або модернізації агрегатів техніки витрачається колосальний час. Виконання розрахунків, побудова креслень, розробка дослідного зразка і його випробування тривають до декількох років. Для прискорення проектування необхідно використовувати системи автоматизованого проектування (САПР). САПР - це організаційно-технічна система, що входить в структуру проектної організації і здійснює проектування за допомогою комплексу засобів автоматизованого проектування. Основна мета створення САПР - підвищення ефективності праці в плані: скорочення трудомісткості проектування і планування; скорочення термінів проектування; скорочення собівартості проектування і виготовлення, зменшення витрат на експлуатацію; підвищення якості і техніко-економічного рівня результатів проектування; скорочення витрат на натурне моделювання та випробування [3].

Мета роботи. Показати можливості та переваги використання сучасних технологій графічного проектування у навчальному процесі при підготовці студентів інженерно-технічних спеціальностей з метою підвищення якості їх як майбутніх фахівців.

Матеріал та результати досліджень. Історія розвитку САПР починалася отримання окремих результатів, які показали, що область проектування піддається комп'ютеризації, тому в цей період основна увага приділялася системам автоматизованого креслення. Багато програмних продуктів того часу називалися системами автоматизованого креслення - САК. Далі активне застосуванням комп'ютерів і мікрокомп'ютерів, призвело до появи масових систем та базових програмних продуктів для них. Перші системи двовимірного моделювання з'явилися ще в 1970-х, коли були розроблені засоби для

зображення ліній, кіл та кривих на екрані монітора за допомогою макрокоманд та інтерфейсів прикладного програмування. У ці ж роки поряд з 2D кресленням з'явилися системи 3D-моделювання. Крім того, з'явилося поняття твердотільне моделювання. Далі стали з'являтися фірми - розробники ПЗ для конвертації даних з системи в систему. Пізніше великі системи самі стали надавати можливість імпорту та експорту даних. Зараз існує більше 200 САПР різного рівня і виробників. [4]

Машинобудівні САПР застосовуються в автомобілебудуванні, суднобудуванні, авіакосмічної промисловості, виробництві товарів народного споживання, включають в себе розробку деталей і зборок (механізмів) з використанням параметричного проектування на основі конструктивних елементів, технологій поверхневого і об'ємного моделювання (SolidWorks, Autodesk Inventor, Autodesk AutoCAD, КОМПАС та ін.). [5]

Переробка великих обсягів інформації в даний час неможлива без використання ЕОМ. Створення нової техніки в машинобудуванні відбувається на основі аналізу продукції, що випускається. Наступним етапом є проектування нової продукції, що володіє більш високими експлуатаційними або іншими властивостями, потім виробляються інженерні розрахунки і моделювання, технологічна підготовка виробництва, виготовлення і збут виробів.

Використання САПР скорочує час проектування в кілька разів. Створення реального зразка техніки вимагає значних матеріальних засобів, тому актуальним є застосування засобів комп'ютерного моделювання.

Підготовка фахівців, які володіють інструментарієм САПР і вміють вирішувати конкретні завдання сучасного виробництва, дозволяє інтенсифікувати навчальний процес, який, особливо в останні роки, все більше зближується і переплітається з виробництвом. Нові інформаційні технології дають можливість розвиватися зовсім новому напрямку конструкторської діяльності - геометричного моделювання, в основі, якого лежить не креслення, а просторова геометрична модель виробу.

Завдання переходу на нову технологію конструювання вимагає сучасного навчання конструкторів, в яких важливе місце займають методи комп'ютерної графіки як нового інструменту конструювання.

Інноваційні умови навчання студентів до професійної росту складаються в активізації інженерно-конструкторської підготовки за рахунок застосування комп'ютерних технологій в викладанні інженерної та комп'ютерної графіки. Послідовність викладання графічних дисциплін відповідає послідовності проектування і виготовлення механізмів на виробництві. При виготовленні тієї чи іншої деталі (складальної одиниці або конструкції), в першу чергу, слід її ретельно проаналізувати і здійснити її ескізування (технічний рисунок), створити конструкторську документацію (креслення загального

вигляду, робочі креслення деталей, габаритний креслення, електричні схеми, складальне креслення, специфікацію, технологічні карти і т.д.) і можна приступити до виготовлення дослідного зразка або прототипу за допомогою інноваційних технологій, використовуючи 3D-друк.

В НТУ «Дніпровська політехніка» на кафедрі «Конструювання, технічної естетики и дизайну» реалізований процес навчання студентів графічним дисциплінам, який починається з вивчення функціоналу САПР, включає в себе нарисну геометрію, як теорію геометричного моделювання та закінчується виконанням електронних моделей механічних деталей і складальних одиниць, і електронних складальних креслень зі специфікацією.

За основу пакета САПР прийняті комп'ютерні програми Autodesk AutoCAD, Autodesk Inventor.

Використання сучасних технологій графічного проектування з застосуванням комп'ютерної графіки та програмних продуктів як інструментів конструювання виробів високої якості повинно бути пов'язано із спеціальними дисциплінами.

Отримані на першому курсі графічні компетенції студенти використовують в наступних дисциплінах загальнопрофесійного циклу - теорія механізмів і машин, деталі машин; в курсовому проектуванні; при виконанні дипломної роботи або дипломного проекту.

Програмний функціонал таких додатків дозволяє студентам робити більше, ніж просто вивчати і коментувати модель. Він дозволяє імітувати різні розбірно-складальні операції на 3D-моделях уявляти виріб, який в подальшому з'явиться у «залізі». Це дозволяє проводити апробацію конструктивних рішень на ранніх етапах розробки.

За допомогою 3D-моделювання вирішується і таке завдання як уявлення майбутньої більш складної деталі. Також завдяки тривимірному моделюванню відбувається скорочення кількості паперових конструкторських документів.

Крім того, використання новітніх технічних, комп'ютерних та інших інтерактивних методів взаємодії в освітньому середовищі, покращує телекомунікації, до яких долучаються всі учасники освітнього процесу. Все це, разом узятє, дозволяє вирішувати певне коло завдань, куди входять такі поняття, як сприяння самостійної і творчої роботи студента, розвиток глобального і критичного мислення, швидко адаптуватися до змін в інформаційно-комунікаційних технологіях.

Основним завданням вищих навчальних закладів є підготовка компетентних фахівців, здатних вільно орієнтуватися в сучасному інформаційному

просторі і готових постійно вдосконалювати свої професійні навички. З появою нових програмних засобів вивчення графічних дисциплін стає особливо цікавим і актуальним, так як змінюється їх зміст і методи навчання.

На окрему увагу заслуговує використання пакетів САПР в організації навчального процесу. Це і створення інтерактивних лекцій, посібників, методичного і інформаційного забезпечення занять, електронні засоби контролю знань.

Необхідність застосування нових інформаційних технологій в навчальному процесі пов'язана з тим, що за допомогою традиційних методів викладання вже неможливо підготувати сучасних високопрофесійних фахівців. До того ж комп'ютерні технології навчання сприяють підвищеному інтересу молоді до інженерної праці та творчості. Все це вимагає нових методів і способів навчання фахівців сучасним прийомам інженерної праці, а висока конкурентоспроможність інженерних кадрів в ринкових умовах можлива при кваліфікованій графічній підготовці та вільному спілкуванні з комп'ютером.

Висновок. Таким чином, інформаційні технології можна вважати новим засобом передачі знань, який відповідає якісно новому змісту навчання.

Системи автоматизованого проектування в даний час є основним інструментом фахівця. Використання САПР в графічній підготовці студентів надає навички практичного використання прикладних графічних програм молодому фахівцю, що підвищує його конкурентоспроможність на ринку праці.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириченко О. С. Критерії формування готовності до професійної діяльності інженерів на основі 3D-моделювання / О. С. Кириченко // Освітологічний дискурс. - 2017. - № 3-4. - С. 296-308.
2. Пойда С. А. Формування та розвиток просторової уяви учнів шляхом створення та використання 3D моделей. /С.А.Пойда, Т.В. Галич // Наукові праці ДонНТУ №2 (27), – 2018. Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». – С.80-86
3. Поліщук В.В. 3D моделювання і візуалізація. /В.В. Поліщук, Т.А. Вакалюк/ Актуальні питання сучасної інформатики: Тези доповідей II Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю — Сучасні інформаційні технології в освіті та науці, присвяченої 10-й річниці функціонування Інтернет-порталу E-OLYMP (09-10 листопада 2017 р.) / за ред. Т. А. Вакалюк. – Житомир: Вид-во О.О. Євенок, 2017. – Вип. 5. – 396 с. – с.85-86, с.85
4. Гнатюк Л. Р. Методи 3D моделювання для різних проектних завдань / Л. Р. Гнатюк, Б. А. Кучер // Проблеми розвитку міського середовища. - 2018. - Вип. 2. - С. 35-50.
5. Гніденко І.А. Аналіз сучасних продуктів 3D-моделювання, можливості їх застосування в навчальному процесі. /І.А. Гніденко, І.Є. Воробйов// Проблеми інформатизації та управління. Збірник наукових праць Національного авіаційного університету, - 2016 - (Том 3) - № 55, С. 25-28.

УДК 331.101.1

ПОДОЛАННЯ «ОФІСНОГО СИНДРОМУ» ШЛЯХОМ ЕРГОНОМІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ МІСЦЬ ДЛЯ СИДІННЯ

Ю.В. Саломатіна¹, К.А. Зіборов², Т.О. Письменкова³

¹Ст. гр. 132-19ск-2 спеціальності 132 «Матеріалознавство» за напрямком освіти «Промислова естетика та сертифікація матеріалів та виробів», Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: Salomatina.Y.V@nmu.one

²Зав. кафедрою конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

³Доц. кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

Анотація. Розглянуто питання ергономічних вимог та антропологічних досліджень при проектуванні місць для сидіння студента.

Ключові слова: ергономічні вимоги, антропологічні дослідження, місця для сидіння.

OVERCOMING THE 'OFFICE SYNDROME' BY ERGONOMICALLY DESIGNING SEATS

Y.V. Salomatina¹, K.A. Ziborov², T.O. Pismenkova³

¹Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: Salomatina.Y.V@nmu.one

²Head of Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

³Associate Professor of Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

Abstract. The issues of ergonomic requirements and anthropological research in the design of student seats are considered.

Keywords: ergonomic requirements, anthropological research, seats.

Вступ. «Цивілізація вирішує одні проблеми, але створює інші».

Добре оплачувана робота - це інтелектуальна робота, яка є в своїй більшості «сидяча», яка в свою чергу «плате» за свою специфіку. Число офісних працівників, які страждають від болів у спині, не уклінно росте. Введено навіть спеціальне поняття - «офісний синдром», який описує комплекс симптомів та порушень, що проявляються в організмі. Офіційна статистика Все-

світньої організації збереження здоров'я повідомляє, що різними хворобами опорно-рухового апарату страждають 80% населення. На це є свої причини.

Мета роботи. Обґрунтувати необхідність використання сучасних методів ергономічного аналізу при проектуванні місць для сидіння з урахуванням антропометричних показників вибірки, умов використання та часу проведеного сидячі

Матеріал та результати досліджень.

Якщо звернутися до факторів ризику виникнення м'яза-скелетних болюв, пов'язаних з робочими середовищами, то їх можна розділити на чотири групи: індивідуальні, фізичні, клінічні та психологічні. У кількох фізичних факторах знаходяться - тривалі статичні навантаження, шиї та рук, які призводять до виникнення м'язового спазму в підлопаточній області, м'язів шиї та в нижній частині спини. Також до нього можна віднести стереотипність рухів, тривалу роботу за комп'ютером і незмінну позу.

Питаннями вивчення взаємодії між людьми та елементами середовища їх взаємодії, а також конструювання в цілях забезпечення здоров'я людини та оптимізації загального функціонування системи «людина-середовище», займається наукова дисципліна ергономіка.

«Ергономіка» є системно-орієнтованою дисципліною, яка в даний час охоплює всі аспекти людської діяльності, а також, такі як «сидяча» людина в офісі, в школі, університеті, в машині та ін. ... Ергономіка розвиває цілісний підхід, що поєднує розгляд і облік фізичних, когнітивних (розумових), соціальних, організаційних та інших значущих чинників.

Ми стикаємося з ергономічними виробами щодня, коли нам в руки попадаються предмети з виїмками і заглибленнями для пальців, які зручно підтримують стопу, або шию і голову.

Сама по собі ергономіка є першим етапом для рішень, тобто носить аналітичний характер, до якого необхідно мати творчий підхід. Далі рішення зводиться до математично обґрунтованих пропозицій, які повинні мати яскравий вигляд і відповідати заявленим фізичним параметрам.

У комплексі заходів щодо створення естетично виробничого середовища, велике значення має організація робочого місця.

«Стільчик» - місце, на якому ми сидимо, дуже впливає на нашу продуктивність і здоров'я в цілому.

Негативним результатом неправильного робочого положення тіла є порушення функції тазових органів, розвиток дисфункції хребта, варикозне розширення вен, проблеми із зором і ряд побочних проблеми - остеохонд-

роз, радикуліт, сколіоз, і як наслідок патологічний стан суглобів - артроз, артрит. А джерелом всього може бути банальне неправильне положення тіла при сидінні.

Щоб зберегти правильну поставу і своє здоров'я в цілому, необхідно раціонально організувати місце для сидіння. Для цього здійснюється правильний підбір виду стільців, а саме: для офісного працівника, для відвідувачів, для конференц-залів, для будинку, для кухні, для вітальні, для дачі, для дітей, для бару, ресторану і кафе та ін. Форма, матеріал, положення і висота спинки, ширина і жорсткість сидіння, висота ніжок і інші параметри залежать від часу, який людина буде проводити на цьому місці, від виконуючих обов'язків, від умов навколишнього середовища і т.д.

Шведський лікар Б. Акербломом зробив дуже важливе на сьогоднішній день спостереження за ергономікою посадки в кріслі і оптимального профілю спинки стільця. Найсуттєвішим є наявність виступу на висоті 180-220 мм від площини сидіння, що забезпечує опору попереку.

Так само він довів, що при традиційній висоті сидіння нога виявляється стиснутою в підколінній частині, що викликає застій крові і гомілки. Особливо різко це проявляється у людей середнього зросту, ноги яких часто взагалі не доходять до підлоги і висять без опори.

При надмірно високому сидінні передня кромка стільця порушує кровообіг стегна, пряма спинка викликає сутулість і втому хребта, а від неправильного співвідношення висоти стільця по відношенню до столу і нахилу кришки розвивається короткозорість. Ці відхилення змушують людину робити кілька сотень рухів в пошуках найбільш зручного положення.

За даними фізіологів ВНДІ, учні за 45 хв роблять до 300 великих і від 600 до 2500 дрібних рухів.

Існують діючі нормативи [6,7] проектування місць для сидіння, в залежності від умов, будь то робота чи відпочинок.

Висота сидіння. Високим людям легше пристосуватися до низьких сидінь. Низьке - 350-389 мм, оптимальна висота - 390-450 мм, високу 450-480 мм. Якщо регулюється, то 380-530 мм.

Ширина сидіння. Стільців не менше 360 мм, крісел робітників - не менше 400 мм, крісел для відпочинку - не менше 480 мм. Конторських стільців 380-450 мм. Ширина для дітей визначається: ширина стегон дитини + 50-100 мм на вільну зміну положення тіла. Дошкільного віку 320 мм, шкільного 320-400 мм.

Глибина сидіння. Стула 360-450 мм, крісла робочого 400-500 мм. Дитячих стільців і крісел: для дошкільнят 200-240 мм, для школярів 270-360 мм.

Висота поперекової опори. Найбільш виступає точка валика 165-600 мм. від жорсткого сидіння. При м'якому сидінні 140-175 мм.

Висота грудного відділу. Початок (нижня точка) 255 мм., Кінець (верхня точка) 380 мм. Зі збільшенням нахилу спинки висота від 0 до 70 градусів, висота зменшується на 40 мм. в середньому.

Висота спинки. Низька не більше 320 мм, звичайна 320-420 мм, висока більше 420 мм. (700-770 мм.)

Ширина спинки. Низька 230-320 мм, звичайні стільці 300-400 мм, крісла робочі 360-500 мм., Крісла для відпочинку - не менше 480 мм.

Висота підлокітника. Підлокітник - деталь або частина форми для сидіння виступає над поверхнею більше 110 мм. Низькі - 180-210 мм, високі 250-420 мм.

Довжина підлокітника. Не менш 300 мм, в робочих кріслах допускається не менше 180 мм.

Ширина підлокітника. Рекомендується 120 мм від спинки і 50-80 мм.

Відстань між підлокітниками. Робочі крісла не менше 450 мм, крісла для відпочинку не менше 480 мм.

Нахил сидіння. Сидіння має наближатися за формою до стегна людини. Якщо немає профілювання, то можна використовувати такі параметри: крісла для роботи 3-5 градусів, крісла для відпочинку, дивани і спинки середньої висоти 4-15 градусів, висока спинка і підголівник 4-35 градусів.

Кут між сидінням і спинкою. Стільці та робочі крісла 95-110 градусів, крісла для відпочинку, дивани і спинки середньої висоти 90-113 градусів, профільована спинка середньої висоти 98-120 градусів, висока спинка 98-125 градусів.

Нахил спинки. Оптимально 13-15 градусів. Максимальний нахил до 24 градусів, а з підголівником можливо і більше.

Ухил підлокітника. 0-15 градусів.

При проектуванні меблів не завжди враховуються ергономічні показники, які визначають відповідність виробів розмірами і формою тіла людини, його масі, його антропометричними характеристиками, фізіологічним і психологічним (силовим, зоровим, швидкісним, слуховим і іншим можливостям людини), а також гігієнічним вимогам .

Згідно [5] розміри крісла людини-оператора встановлюються виходячи з антропометричних даних. Нерегульовані конструктивні параметри крісла людини-оператора розраховуються в залежності від їх функціонального призначення на основі конкретних антропометричних ознак.



Рис. 1. – Положення тіла людини при сидінні

Рекомендації гігієністів в конструюванні меблів для сидіння зводяться до наступного (рис. 1):

- ✓ висота сидіння повинна знаходитися в такому співвідношенні з довжиною гомілки (разом зі стопою), щоб під час роботи забезпечувалося одночасне використання стільця як опора для стільця і статі як опори для ніг (стопи);
- ✓ висота сидіння обумовлена довжиною гомілки зі стопою з додаванням 2-3 см на висоту каблучка;
- ✓ жорстке сидіння проектується з поглибленням 12-15 мм, розташованим від переднього краю сидіння на 2/3 його глибини, що виключає ковзання людини вперед;
- ✓ горизонтальне сидіння створює надлишковий тиск в області тазу, тому допускається виготовлення не профільованого сидіння з нахилом в сторону спинки 3-5 градусів;
- ✓ через різні статури людей і періодичні зміни положення тіла ширина сидіння повинна бути трохи більше нормативної;
- ✓ глибина стільця повинна складати 3/4 довжини стегна, щоб забезпечити достатню опору; при великій глибині передній край стільця буде здавлювати підколінні судини і порушувати кровообіг нижніх кінцівок;
- ✓ менш глибоке сидіння не забезпечує людині достатньої площі опори, через що посадка його стає менш стійкою, отже, більш стомлюючою;
- ✓ спинка і сидіння стільця повинні забезпечувати опору тулуба в попереково - христовій і в підлопаточній областях;

✓ нижня частина спинки, на яку спирається попереk, повинна мати нахил 3-5 градусів від вертикалі і підпирати тулуб в місці поперекового викривлення;

✓ верхня частина спинки, на яку спирається спина, повинна досягати нижніх кутів лопаток і бути нахилена на 7-12 градусів;

✓ спинка повинна бути злегка увігнутою (в плані), щоб спина не ковзала в горизонтальному напрямку.

Для досягнення оптимальних результатів праці слід чергувати позу «стоячи – сидячи» і всюди, де це можливо виконати, обладнати робочі місця спеціальними меблями (трансформуючими і поворотними стільцями і ін.).

Сара і Річард Розенкранц фахівці з харчування Університету штату Канзас, проаналізували результати великого соціологічного дослідження, проведеного в Австралії. Брили до уваги ступінь фізичної активності людини і час в годинах, що проводять в сидячому положенні. Час сидіння розподілили на чотири категорії: від 0 до 4 годин, від 4 до 6 годин, від 6 до 8 годин і більше 8 годин. Результати аналізу даних показали, що рівень фізичної активності безпосередньо пов'язаний з рівнем здоров'я і якістю життя. А час щоденного сидіння негативно впливає на ці показники. Сидячі мало (0-4 години в день) були на 13% більше здоровими, і на 13% вище оцінювали якість свого життя, ніж сидять багато (8 годин і більше).

Розвиток технологій, а також пандемічні умови кожного є основою умовного переходу до способу життя «людина-оператор». Сьогодні учень/студент проводить сидячи за комп'ютером по кілька годин на день, а під час сесії змушений проводити добу.

Тому є необхідність для дотримання ергономічних норм проводити антропометричні обстеження людей в межах антропометричної групи і визначати середні значення найбільш важливих показників частин тіла в заданих положеннях. Проектуючи в межах декількох близьких за своїми показниками груп (студентська група), вказують середні показники віково-ростових груп.

Для проектування стільця необхідно враховувати такі фізичні параметри тіла:

- висота очей;
- ширина розставлених ліктів;
- найбільший діаметр стегон; довжина тіла над сидінням;
- ширина ліктів; висота очей над сидінням;
- висота від підшви до сидіння;
- висота коліна, довжина редуцированного стегна;
- довжина стегна, ноги, ступні;
- висота сидіння до найбільш виступаючої частини голови;

- висота лопаток, плечей, попереку, ліктя над сидінням.

В рамках дисципліни «Ергономіка і технічна естетика» перед проектуванням місця для сидіння студенти на лабораторних роботах проводять антропометричні вимірювання (рис 2) по ряду необхідних показників (табл. 1).

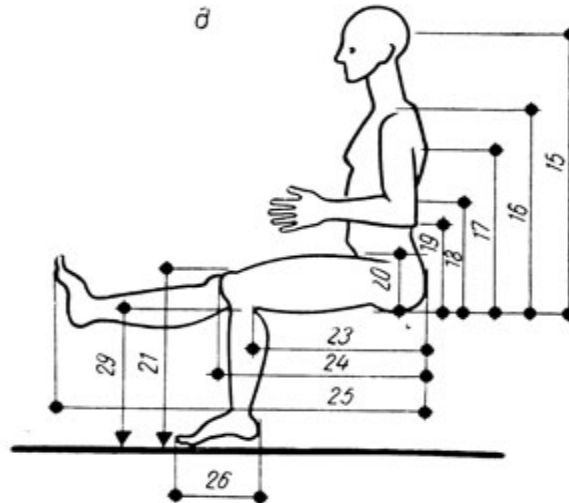


Рис. 2. – Антропометричні вимірювання для проектування місця для сидіння

Для кожного розмірного показника в результаті математичної обробки знаходять статистичні параметри які характеризують величину і варіабельність вибірки. Отримані результати використовують при проектуванні сучасного місця для сидіння студента.

Таблиця 1 – Показники антропометричних вимірювань студентської групи 132-19ск-2

Показник	Умове позначення	Розмір, мм min	Розмір, мм max	Розмір, мм сер.
Висота сидіння до найбільш виступаючої частини голови	15	81	89	85
Висота плечей над сидінням	16	58	72	65
Висота лопаток над сидінням	17	42,5	56	49,25
Висота попереку над сидінням	18	27	35	31
Висота ліктя над сидінням	19	20	31	25,5
Діаметр стегна	20	15,5	29	22,25
Висота коліна	21	44	61	52,5
Висота від підшви до сидіння	22	41,75	49	45,4
Довжина стегна редуцированого	23	46	61	53,5
довжина стегна	024	55	64	59,5
довжина ноги	25	97	110	103,5
довжина ступні	26	22	29	25,5
Ширина розтавлених ліктів	27	66,5	76	71,25

Найбільший діаметр стегон	28	36,5	46	41,25
Висота від підшви до підколінної западини	29	42,75	50	46,4
Ширина ліктів	30	39	48,5	43,75

Висновок. Сучасні умови роботи та навчання вимагають більш уважного ставлення до ергономічних показників при проектуванні місць для сидіння.

Важливо при проектуванні використовувати антропометричні показники вибірки найбільш наближеної за віковими показниками, враховувати умови експлуатації місця для сидіння, час проведений на цьому місці, положення тіла людини, враховувати рекомендації гігієністів, а також враховувати ергономічні нормативи розрахункових параметрів рекомендовані для «людини-оператора».

Запропонований підхід дозволить створювати максимально комфортне ергономічне середовище для плідної роботи та дозволить виховувати здорову націю.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ГОСТ 16371:2016 Меблі. Загальні технічні умови (ГОСТ 16371-2014, IDT)
2. Меблі побутові та кухонні для зберігання та робочі поверхні. Вимоги безпеки та методи випробування. ДСТУ EN 14749:2008 – [Чинний від 2009-07-01]. К. УкрНДНЦ, 2016. – 20 с. – (Національний стандарт України).
3. Мороз О. В. / Організаційно-економічні фактори управління якістю на підприємствах : монографія. / О. В. Мороз, Л. М. Ткачук. // УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – С.137.
4. Бест М. / Новая конкуренция. Институты промышленного развития / М. Бест; пер. // с англ. – М.: ТЕЗИС, 2002. – с.356.
5. ГОСТ 21889-76. Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования. [Дата введения 01-07-1977]. Издательство стандартов, 1993. – (Государственный стандарт союза ССР). – Режим доступа: https://allgosts.ru/13/180/gost_21889-76
6. Зинченко В. П., Мунипов В. М. Основы эргономики. Учебное пособие. - М., Изд-во Моск. ун-та, 1979. с. 344
7. Покатаев В.П./ Конструирование оборудования интерьера/ Учебное пособие. Ростов на Дону: Феникс, 2003. — 352 с.

УДК 622.625.28

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ В СУЧАСНІЙ ЕРГАТИЧНІЙ СИСТЕМІ ПРИ ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ СТУДЕНТА

А.Ю. Фартушна¹, К.А. Зіборов², Т.О. Письменкова³

¹Ст. гр. 132-18-2 спеціальності 132 «Матеріалознавство» за напрямком освіти «Промислова естетика та сертифікація матеріалів та виробів», Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: fartushnayaanna2018@gmail.com

²Зав. кафедрою конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

³Доц. кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

Анотація. В роботі проведено аналіз показників і сучасних підходів до проектування робочого місця при дистанційному навчанні студента.

Ключові слова: робоче місце, ергатична система, дистанційна освіта.

STUDENTS WORKPLACE ORGANIZATION IN A MODERN ERGATIC SYSTEM AT DISTANCE LEARNING

Anna Fartushna¹, Kirill Ziborov², Tatiana Pismenkova³

¹Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: fartushnayaanna2018@gmail.com

²Head of Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: ziborov.k.a@nmu.one

³Associate Professor of the Department of Engineering and Generative Design, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: pismenkova.t.o@nmu.one

Abstract. Theoretical and practical researches of a student's workplace at distance learning are carried out in the work.

Keywords: workplace, ergatic system, distance education.

Вступ. Системна методологія реалізується, серед іншого, в відокремленні виробничих систем, ланками яких є працюючі люди і їх праця. Процес отримання продукту праці об'єднує працівника (або їх групу), об'єкт, на який спрямовані трудові зусилля працівника (предмет праці), знаряддя праці (або засоби праці) і необхідні умови (виробниче середовище). Таким чином, виникає система "суб'єкт праці – предмет праці – засоби праці – середовище"; в літературі використовуються також аналоги подібних систем: сис-

тема "людина – машина", система "людина – машина – середовище", "соціо-отехнічна система" та ін. У науках про працю такого роду системи прийнято позначати як ергатичні системи (від грец. "ергон" - робота).

З переходом на дистанційне навчання як викладачі, так і студенти стали проводити набагато більше часу за робочим столом (рис.1).



Рису. 1. – Робоче місце студента при дистанційному навчанні

Тому увага до організації робочих місць при дистанційному навчанні є важливим елементом ефективності праці, а й, відповідно, якості кінцевого результату.

Мета роботи. Обґрунтування необхідності використання сучасних методів аналізу ергатичних систем при дистанційній освіті студентів.

Матеріал та результати досліджень. Керуючим в процесі навчання є викладач, який організовує освітній процес. Керованим в даному процесі – студент. Навчальний процес будується як розвиваюча, інтелектуальна система управління особистістю студента з його психофізіологічними особливостями і формуванням відповідних компетенцій. Знаряддя праці – відповідні елементи середовища та засоби дистанційної комунікації.

Сучасні дослідження ергономіки зумовлюють як дизайнерські проекти знарядь праці, так і створення відповідного просторового середовища. При цьому вона використовує методи дослідження, які застосовують фізіологію, психологію, соціологію, гігієну праці, функціональну анатомію, системотехніку, технічну естетику тощо. Продумане з точки зору ергономіки робоче місце дозволяє при дистанційному навчанні збільшити продуктивність праці викладача і студента, забезпечує їх здоров'я і сприяє створенню сприятливого психологічного клімату в процесі навчання.

До числа найбільш значущих індивідуальних когнітивних особливостей учасників освітнього процесу при використанні інформаційних технологій відносять: сприйняття, увагу, пам'ять, мислення, темперамент, волю. Ви-явити присутність даних особливостей у учасників можна за допомогою аналізу всіх елементів відповідної ергатичної системи. На більшість цих особли-

востей значний вплив при дистанційному спілкуванні, в тому числі, здійснюють умови робочого місця, тобто робоче середовище. Для створення безпечних і комфортних робочих місць необхідно враховувати антропометричні розміри тіла учасників навчального процесу. Ці дані здатні проектувати робочу позу працюючого шляхом розрахунку ергономічних параметрів елементів робочих місць в просторі. До цих елементів відносять: опорні поверхні – сидіння, спинки, підлокітники; робочі поверхні і підставки для ніг та ін., – які постійно і безпосередньо стикаються з тілом того, хто навчається, і є необхідними при розрахунках параметрів робочого місця.

При розв'язанні цих ергономічних завдань використовують вибір оптимальних співвідношень між пропорціями людської фігури й формою, розмірами робочого місця (предмета), його елементів. При цьому застосовуються норми й прийоми інженерної графіки й нарисної геометрії.

Досить часто при ергономічному проектуванні робочого місця (особливо в минулому) використовують метод проектографії. Він полягає у тому, що зображення фігури чи силуету людини у різних робочих положеннях проектується з діапозитивів на кресленики. Проектографія – наукомісткий інструмент для досягнення цілей гармонізації в формотворчості, в роботі дизайнера, архітектора, інженера. Перехід з тривимірного простору в двомірне відображення на особливим чином упорядковане поле кресленика дає специфічні метричні ефекти, в «пам'яті» яких утримуються різноманітні просторові пластичні рішення формоутворення.

Також при проектуванні (особливо, для складних умов праці) вживають експериментальні (макетні) методи засновані на застосуванні макетування проектованого обладнання в різному масштабі з точним дотриманням справжніх пропорцій. При цьому використовуються антропоманекени (рис.2, а). В основі манекенів лежить кісткова система людини, на якій визначені центри окружностей – суглоби, а контури фігури утворюють дотичні до цих окружностей (рис.2, б).

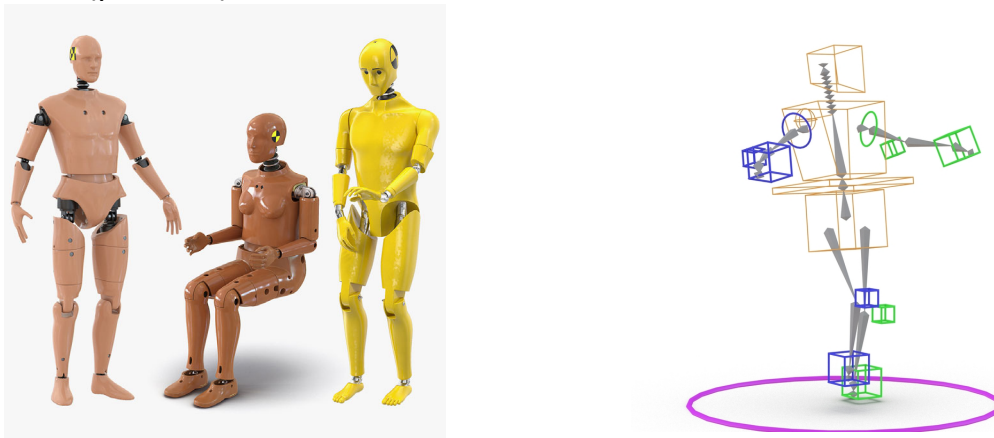


Рис. 2. – Антропоманекени з імітацією розмірів та пропорції людини
(а) при виконанні виробничих операцій (б)

На сучасному рівні розвитку інформаційно-комунікативних технологій при рішенні таких завдань використовують метод соматографії. Соматографія – метод схематичного зображення людського тіла в технічній або іншій документації у зв'язку з проблемами вибору співвідношень між пропорціями людської фігури, формою й розмірами робочого місця (рис.3). За допомогою схематичного зображення можна перевірити:

- ✓ співвідношення пропорцій людської фігури, розмірів і форми робочого місця;
- ✓ досяжність органів керування і зручність їх розміщення;
- ✓ оптимальні й максимальні межі зони досяжності кінцівок;
- ✓ огляд із робочого місця й умови зорового сприйняття, наприклад, при спостереженні за об'єктом спостереження (індикаторами) тощо;
- ✓ зручність форми робочого місця, простору для маніпулювання, сидіння, пульта тощо;
- ✓ зручність підходу до робочого місця або відходу з його, оптимальні розміри проходів, комунікацій.

Навчальна діяльність передбачає виконання деяких рухів і поз, які повторюються досить часто та можуть визвати втому, як фізичну, так і психологічну. Все це впливає на ефективність засвоєння навчального матеріалу, зворотній зв'язок учасників системи та кінцевий результат.

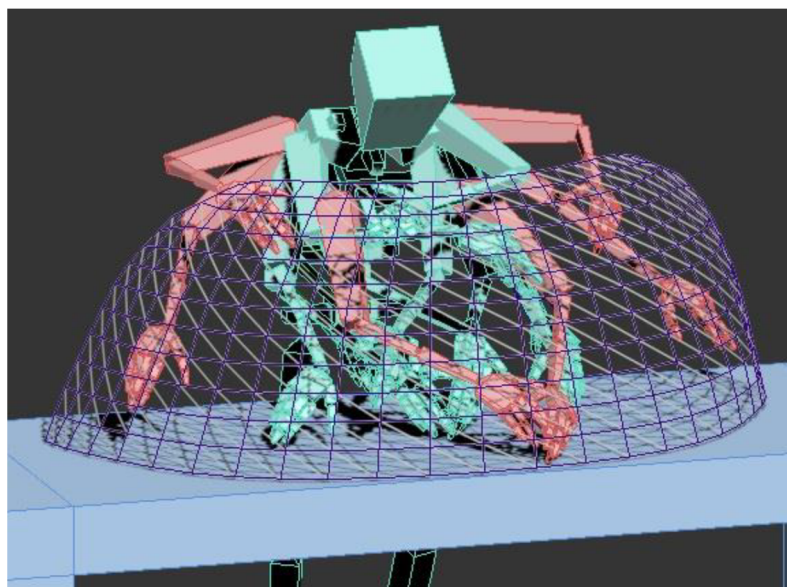


Рис. 3. – Можлива соматографічна модель моторної зони рук людини

Аналіз структури даної системи виконаємо за масштабами трудової діяльності на двох рівнях ергономічного аналізу. Трудову діяльність викладача умовно розділимо на мікро- і макрорівні. Діяльність викладача на мік-

порівні в ергатичних системі «викладач - комп'ютер - навчальне середовище» позначена його робочим місцем, обумовленим функціоналом і педагогічними обов'язками. На макрорівні трудова діяльність викладача в ергатичній системі розширюється і включає в себе макрооточення.

Викладачі в процесі навчання здійснюють також різні форми психолого-педагогічної активності. Так, сприйняття у викладача реалізується як спостережна діяльність за принципом «мотив - діяльність», а контрольна діяльність за принципом «мета - дія». Мислення у викладачів відбувається за принципом «дослідження - процес». Дані компоненти визначимо з контексту цілісної трудової діяльності викладача (фізичної та психологічної). Всі дії відбуваються і змінюються тільки відповідно до мотивації і помітні за суб'єктивним змістом і емоційним забарвленням, а визначаються умовами, в яких дана мета реалізується. Зовнішні та внутрішні умови роботи викладача з технікою (комп'ютер) формалізовані.

Таким чином, для вдосконалення навчального процесу в умовах дистанційної освіти слід здійснювати індивідуалізацію і диференціацію процесу навчально-пізнавальної діяльності студентів, і реалізувати це можливо за допомогою інформаційних технологій. Сьогодні модель освітнього процесу повинна містити такі ергономічні вимоги:

1. Психофізіологічні, особистісні, емоційні особливості студентів при роботі на комп'ютері з прямим і зворотним зв'язком в системі «викладач - студент»;

2. Відповідний рівень, темп, наочність процесу навчання;

3. Адаптивність, зручність, комфорт та безпека на робочому місці.

Дана модель повинна бути представлена новими інформаційно-комунікаційними формами реалізації відповідних технологій навчального процесу. Процес навчання в ергатичних системах «викладач (студент) - комп'ютер - навчальне середовище» стає автоматизованим з використанням програмно-комп'ютерних засобів навчального призначення, а також персоніфікованим і інтенсивним.

Висновок. Включення складових когнітивної ергономіки здатне вирішити задачу підвищення ефективності навчального процесу, забезпечити досягнення нормальної інтенсивності цілісної діяльності всіх його учасників при повному і раціональному використанні робочого часу викладача і студента, людської енергії, предметів і засобів праці з застосуванням засобів дистанційної комунікації. Все це сприятиме формуванню таких предметних, інтелектуальних і загальнонавчальних компетенцій у студентів, як здатність ефективного сприйняття навчального матеріалу; розвиток візуальної уваги і вміння аналізувати; вміння оцінювати результат та планувати роботу по виконанню завдання; інформаційна культура і комунікабельність.

А підхід до проектування освітнього процесу з використанням дистанційних технологій при врахуванні таких ергономічних показників, як інтенсивність, час, місце, гнучкість, зручність, комфорт, безпека навчання буде успішним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Навчальні матеріали для студентів. Режим доступу: https://studme.org/1246122028031/psihologiya/ergaticheskaya_sistema_ergaticheskie_funktsii_gruppirovka
2. Окулова Л.П., Куликов Н.М. Эргономические требования педагогического проектирования образовательного процесса // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.

Authors Index

(Last Name / First Name / Middle Name / Page)

Balaka Maksym, 28

Bolohin Yegor, 34

Chebryachko Serhiy, 109

Dotsenko Viktoriya, 109

Dotsenko Yuri, 42, 47

Dytiuk Viktoriia, 68, 120

Fartushna Anna, 128, 159

Fedorichenko S., 97

Fedoskin V.O., 105

Fedoskina O.V.

Gorohva Aline

Kaporovych Svitlana, 76

Kholodniak Yuri, 76

Kim Anna, 28

Kornilenko K.I., 105

Kostikov Alexander, 76

Krivda V.V., 86

Lutsenko I., 97

Lysak Sergiy, 52

Lysncha T., 123

Maliienko A., 97

Matsyuk Irina, 34, 38, 128

Myla Marry, 120

Myrnyi Oleksii, 68, 140

Olishevskaya V.E., 59

Olishevskiy H.S., 59

Palamarchuk Dmytro, 28

Pismenkova T., 132, 151, 159

Pustovetov Mikhail, 101

Pustovoi Dmytro, 140, 146

Repin Vladislav, 52

Rott Nataliia, 68

Salomatina Y.V., 151

Savelieva Tamara, 146

Seliverstov Vadim, 42, 47

Shatov Serhii

Shlyakhov Eduard

Tretyak Olena, 109

Tverdokhlib Oleksander, 38, 128

Verner Ilya, 120

Vyshnevetskyi Vladislav, 38

Yerisov M.M., 105

Zaguba Konstantin, 47

Ziborov Kirill, 132, 151, 159

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/
	БАТ «Інфотех», Autodesk Silver Partner 49000, Україна, м Дніпро, вул. Князя Володимира Великого, 18 б. http://www.itech.net.ua/
	Компанія «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/



