



№5

грудень 2022

збірник наукових праць

# ТЕХНІЧНА ТВОРЧІСТЬ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

# **ТЕХНІЧНА ТВОРЧІСТЬ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**№5 грудень 2022 р.**

---

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Збірник наукових праць «Технічна творчість»**

**Засновано в жовтні 2015р.**

**Виходить 2 рази на рік**

---

**Хмельницький 2022, №5**

---

**Технічна творчість:** Збірник наукових праць./ Укл.: Скиба М.Є., Поліщук О.С., Романець Т.П. - Хмельницький: ХНУ, 2022. – № 5 - 68 с.

**Редакційна колегія:**

**Голова:**

**Скиба М. Є.** - д.т.н., проф. член-кореспондент НАПНУ

**Співголова:**

**Радкевич В.О.** - д.п.н., проф., член-кореспондент НАПНУ

**Заступник голови:**

**Поліщук О.С.** – д.т.н., проф.

**Відповідальний секретар:**

**Романець Т.П.** – к.т.н., доц.

**Технічні редактори:**

**Горященко С.Л.** –к.т.н., доц.

**Лісевич С.П.** – старший викладач

**Члени редакційної колегії:**

Бонек М. д.т.н. (Польща), Бромберек Ф. д.т.н. (Польща), Бурмістенков О.П. д.т.н., Гергель М. д.т.н. (Польща), Гордєєв А.І. д.т.н., Диха О.В. д.т.н., Драпак Г.М. к.т.н., Защепкіна Н.М. д.т.н., Злотенко Б.М. д.т.н., Калда Г.С. д.т.н., Мазуркевич А. д.т.н. (Польща), Майдан П.С. к.т.н., Мартинюк А.В. к.т.н., Матушевський М. д.т.н. (Польща), Мілих В.І. д.т.н., Місяць В.П. д.т.н., Мусял Я. д.т.н. (Польща), Неймак В.С. к.т.н., Олександренко В.П. д.т.н., Орловський Б.В. д.т.н., Панасюк І.В. д.т.н., Пуць В.С. к.т.н., Синюк О.М. д.т.н., Смутко С.В. к.т.н., Снядковський М. д.т.н. (Польща), Танські Т. д.т.н. (Польща), Ткачук В.П. к.т.н., Троціковський Т. д.т.н. Польща, Чорний О.П. д.т.н.

**Рекомендовано до друку Рішенням Науково-технічної Ради  
Хмельницького національного університету  
Протокол № 12 від 9.12.2022 р.**

**Наукові праці друкуються у авторській редакції**

За достовірність фактів, назв та посилань на літературні джерела  
відповідальність несуть автори

Адреса редакції Збірника наукових праць «Технічна творчість»:  
Хмельницький національний університет  
вул. Інститутська, 5, м. Хмельницький, Україна, 29016  
кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем  
<http://maees.khnu.km.ua/>  
e-mail: maees1969@gmail.com

ЗМІСТ

1.	А. Поліщук, О. Поліщук, М. Скиба, С. Лісевич. 3D-ДРУК ВИРОБІВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ ТА ЦИВІЛЬНОГО НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ .....	5
2.	О. Polishchuk, А. Polishchuk, М. Bonek , S. Lisevich. COMPOSITE MATERIALS FOR 3D PRINTING .....	7
3.	А. Polishchuk, О. Polishchuk, Т. Tanski , М. Rubanka. PERSPECTIVES OF USING POLYESTER WASTE COMPLETE FOR THE MANUFACTURE OF FINISHED PRODUCTS USING THE 3D PRINTING METHOD .....	8
4.	О. Дзюба, В. Неймак, Т. Романець. РОЗРОБКА ВІТРОЕНЕРГОУСТАНОВКИ ДЛЯ ДОМАШНЬОГО ГОСПОДАРСТВА .....	9
5.	А. Мельник, В. Неймак, Т. Романець. РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК РОТОРА ТА СТАТОРА АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ.....	10
6.	О. Семенюк, В. Неймак, Т. Романець. РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРАННЯ ПРАЛЬНИХ МАШИН .....	12
7.	С. Пундик, А. Кармаліта, В. Баксалов, С. Лучко. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В УКРАЇНІ .....	14
8.	М. Лучинський, О. Поліщук, О. Шпак, М. Рубанка. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ І УПРАВЛІННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ МАРКУВАННЯ І КЛЕЙМУВАННЯ ВИРОБІВ .....	15
9.	Є. Гарбар, О. Поліщук, А. Поліщук, В. Косенков. РОБОТИ-МАНІПУЛЯТОРИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ .....	17
10.	М. Антонюк, М. Скиба, С. Лісевич, Л. Білий. ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ - ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В ПРОМИСЛОВІСТІ ТА ПОБУТІ .....	18
11.	Д. Завадовський, Т. Романець, В. Неймак. ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАМОТУВАННЯ ПРЯЖІ .....	21
12.	Р. Буць, Т. Романець, В. Неймак. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ .....	23
13.	Ю. Ковальов, О. Манойленко, І. Суворов. РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЕКСТРУДЕРА НА ОСНОВІ ШНЕКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА .....	25
14.	С. Борисов. МЕТОД РЕМОНТУВАННЯ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА .....	27
15.	В. Стрельський, С. Смутко. РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОЛІМЕРНОГО ПОКРИТТЯ НА РОБОЧІ РУКАВИЦІ .....	28
16.	Ю. Михайловський, Е. Золотенко. ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ PLANNINGEXPERIMENT .....	30
17.	Є. Лактіонов. СПОСОБИ ДІАГНОСТИКИ СТУПЕНЯ ЗНОШУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ ПРИВОДНИХ СИСТЕМ .....	32
18.	Ю. Соколан, К. Соколан, В. Ткачук. ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЗНОШУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ В УМОВАХ ПЕРЕКОСУ ОСЕЙ ВАЛА І ВТУЛКИ .....	33
19.	Б. Максименко, С. Горященко. ЕЛЕКТРОПРИВІД З АДАПТИВНОЮ СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ .....	35
20.	К. Фурман, С. Горященко. ЕЛЕКТРОДВИГУН БЕЗРЕДУКТОРНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕМІЩЕННЯ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВІСТІ .....	37
21.	А. Стречен, М. Середюк, В. Пуць. ВЕРСТАТИ З ЧПК. ПРОЦЕС САД-САМ-СНС. ВХОДЖЕННЯ СТУДЕНТА В ГАЛУЗЬ ЯК ПОТЕНЦІЙНОГО ІНЖЕНЕРА	39

---

22.	Д. Мельник, П. Майдан. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ПРИМІЩЕННЯ .....	41
23.	С. Пундик, О. Аршинов, В. Лучко. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ГЕНЕРАТОРІВ ТА СТАРТЕРІВ .....	43
24.	М. Вінковський, О. Койфман. ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ МАЛОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....	44
25.	Л. Чернецька, В. Мица. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТОТЕХНІКА В ШВЕЙНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ .....	46
26.	М. Костюк, П. Майдан. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ .....	48
27.	М. Рубанка, О. Поліщук, О. Місяць. ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИВОДІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ МАТЕРІАЛІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ .....	50
28.	О. Місяць, М. Скиба, М. Рубанка. РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ МАШИНИ ДЛЯ РОЗКОЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ .....	52
29.	М. Рубанка, О. Поліщук, О. Місяць. ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ ЦІВКОВОЇ ПЕРЕДАЧІ .....	54
30.	Ю. Соколан. ОПТИМІЗАЦІЯ НАГЛЯДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ .....	56
31.	О. Романішина, Д. Олійник. РЕЖИМИ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСНИХ СПОРУД .....	58
32.	О. Тимошук. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В МЕХАНІЧНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ .....	60
33.	М. Гетьман, О. Диха. АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ В ТРИБОТЕХНІЦІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ КУЛІНАРНИХ ОЛИВ .....	62
34.	С. Кошель, Г. Кошель. СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДНОГО МЕХАНІЗМУ ТРЕТЬОГО КЛАСУ З ДВОМА ВЕДУЧИМИ ЛАНКАМИ .....	64
35.	А. Поліщук, О. Поліщук, С. Лісевич, М. Бонек. НЕЙЛОН, ЯК ВИХІДНА СИРОВИНА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГОТОВИХ ВИРОБІВ МЕТОДОМ 3D-ДРУКУ...	66

## **3D-ДРУК ВИРОБІВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВИХ ТА ЦИВІЛЬНОГО НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ**

А. Поліщук, О. Поліщук, М. Скиба, С. Лісевич  
*Хмельницький національний університет*

У мирний час лабораторії та центри 3D-друку працювали над замовленнями на виготовлення виробів різної складності. За допомогою 3D-принтерів друкувалися запчастини для кавоварок, пральних та швейних машин, обладнання галузевого машинобудування тощо.

Ще до початку масштабного вторгнення, в Україні 3D-друк використовували для масового виробництва, адже ціна готового продукту тоді не відігравала істотної ролі. Зараз налагоджено масове виробництво найпопулярніших виробів або вони завозяться в Україну з-за кордону. Сьогодні 3D-друк використовується лише для розробки нових продуктів з метою їх подальшого запуску у виробництво [1].

За майже десять місяців війни, розв'язаної росією на українській території, винахідники у різні способи намагаються допомогти захисникам України.

Такі країни як США, Франція, Австралія та Велика Британія також активно використовують 3D-друк для потреб своїх збройних сил. Зокрема, австралійська армія має 3D-принтер і використовує його на полі бою, щоб легко виготовляти запасні частини до техніки в польових умовах. Як результат, кількість запасних частин, які потрібно возити із собою - зменшується, оскільки апарат може виготовляти необхідні деталі.

Інженери британської армії в Південному Судані використовували технологію 3D-друку, щоб уникнути затримок у доставці товарів. Якщо раніше відсутність простого кронштейна могла затримувати необхідні роботи на будівництві госпіталю, який буде Організація Об'єднаних Націй тижнями, то на сьогодні потрібні вироби моделюються в цифровому вигляді та створюються на принтері із шарів пластику менше ніж за 12 годин [2]. Військово-морські сили США зараз використовують 3D-принтери в деяких місцях для заміни пряжок ременів, різних частин обладнання, дронів тощо.

Українські власники 3D-принтерів використовують їх для виготовлення комплектуючих і аксесуарів для зброї, медичного обладнання та супутніх аксесуарів. Використовуючи цифрові файли, можна виготовляти деталі кровоспинних турнікетів, дронів, стрілецької зброї, сумок для перенесення гранат, перископів тощо [3,4]. Створювати готові вироби, зокрема шини для накладання при переломах щитки для очей, наколінники, антивідблискові лінзи, протистрільбні щитки тощо (рис.1) [4].

Тому перед застосуванням їх необхідно піддати серії експериментів по визначенню їхніх фізико-механічних характеристик та отримати сертифікат. Наприклад кровоспинні турнікети необхідно піддати стрес-тестуванню з метою підтвердження того, що даний виріб витримує необхідне розтягуюче зусилля (орієнтовно 700Н). Проведення ультразвукового дослідження повинно показати, що джгут може повністю зупинити кровоток [3].

Проте вироби та деталі, надруковані на 3D-принтерах, мають бути найвищої якості. Тому перед їх застосуванням, необхідно провести серію експериментів, щоб визначити їхні фізико-механічні властивості та отримати сертифікат. Наприклад, кровоспинний турнікет необхідно піддати стрес-тестуванню, щоб переконатися, що виріб може витримати необхідну силу розтягу (приблизно 700 Н). Ультразвукове дослідження повинно показати, що джгут може повністю зупинити кровотік. [3]. Надруковані наколінники повинні бути гнучкими та витримувати динамічні навантаження при падінні військового на тверду поверхню.

Існують різноманітні адитивні технології та матеріали для 3D-друку [2]. 3D-принтери можуть працювати з різними матеріалами, властивості яких актуальні для виробничих завдань і процесів. Вибір матеріалу залежить від експлуатаційних задач, поставлених перед виробом. Зокрема, це:



- інженерні термостійкі пластики для 3D-принтера, які використовують для отримання зносостійких міцних виробів. Вони хороші для тестування, бо витримують фізичний вплив. Зазвичай, з таких пластиків друкують прототипи, деталі конструкцій, корпуси. Найбільш поширена технологія друку - FDM;

- фотополімери. Забезпечують точну деталізацію та відповідність параметрам. Матеріали використовують для друку майстер моделей і прототипів зі складною конструкцією. Можна обирати фотополімер з необхідними властивостями: наприклад, стійкістю до високих температур або прозорістю. Технології друку - SLA, MJM;

- метали. Виробничі 3D-принтери, які друкують деталі з металевого порошку, користуються попитом

в автомобілебудуванні, аерокосмічній промисловості, енергетиці. Тривимірний друк використовують для розробки та тестування нових деталей і систем. Технологія - DMS.



а



б



в



г

Рисунок 1 - Приклади деталей та виробів, надрукованих на 3D-принтері: а - кровоспинний турнікет; б - плечовий бандаж (шина); в - бандаж зап'ястя (шина); г - елементи перископа

Розроблена і пропонується FDM-технологія виготовлення виробів та деталей для військових та цивільного населення України з використанням 3D-принтера, що працює на гранулах або подрібнених відходах полімерних матеріалів.

#### Список використаних джерел

1. Створено українцями: як 3D-друк допомагає українським військовим [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mind.ua/publications/20248392-stvoreno-ukrayincyami-yak-3d-druk-dopomagaе-ukrayinskim-vijskovim>.
2. 3D-друк для Збройних Сил України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://additive.com.ua/ua/3ddrukarmy/>.
3. 3D-друк допомагає українським військовим [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dev.ua/news/3d-druk>.
4. Війна в Україні: як ми можемо допомогти з 3D-друком? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://blog.prusa3d.com/v%D1%96jna-v-ukra%D1%97n%D1%96-jak-mi-mozemo-dopomogti-z-3d-drukom\\_66961/](https://blog.prusa3d.com/v%D1%96jna-v-ukra%D1%97n%D1%96-jak-mi-mozemo-dopomogti-z-3d-drukom_66961/)

**COMPOSITE MATERIALS FOR 3D PRINTING**

O. Polishchuk<sup>1</sup>, A. Polishchuk<sup>1</sup>, M. Bonek<sup>2</sup>, S. Lisevich<sup>1</sup>  
*Khmelnytskyi National University<sup>1</sup>*  
*Silesian University of Technology<sup>2</sup>*

The intensive development of additive technologies in recent years has made it possible to implement 3D printing in many industries. This, in turn, led to new requirements for 3D printers and the appearance of completely new consumables designed for specific customer requests. The expansion of the line of consumables touched on the technology of 3D printing - FDM.

Many companies today use composite materials in the manufacture of products. Over the next ten years, the 3D printing market is expected to be saturated with such materials. It can be predicted that by 2035, monomers, that is, polymer materials that do not contain various additives, will be used only in a narrow way. In everything else, they will be replaced by composites, both the simplest and cheapest, and structural and engineering materials.

Composite materials for a 3D printer are multi-component materials consisting of a polymer matrix and a filler. The combination of components that are different in nature makes it possible to obtain new materials for 3D printing with improved characteristics. Composite materials for a 3D printer can be created on the basis of metal powders, graphite, glass, carbon fiber and other fillers.

If we compare monomers with composite materials, the latter have a much wider range of mechanical, frictional, temperature, electrical and other properties. Composites can be stiffer and stronger. They can conduct electricity, exhibit antibacterial properties, resist burning, expand in volume, exhibit ferromagnetic properties, be resistant to ultraviolet light, glow in X-ray radiation, etc. Many composites with such properties can be created, depending on the task at hand.

For example, adding carbon fibers to the ABS polymer makes it possible to obtain products with high impact strength and rigidity at the same time. The presence of a functional filler allows you to reduce thermal shrinkage and give the material a unique matte surface texture. The functional filler is able to orient along the direction of 3D printing, which allows you to adjust the strength of the product in the desired directions. The presence of electrically conductive carbon fibers provides antistatic properties.

Composite materials for 3D printing based on PLA, ABS, NYLON, PA and other plastics with different percentages of graphite, glass, and carbon fibers appeared on the market.

Among the disadvantages of this direction should be noted both the high cost of materials and the equipment itself for 3D printing. Today, there are not many manufacturers who would offer specialized equipment for continuous fiber reinforcement of composite. Such technology is in great demand among manufacturers.

3D printing with filaments with short fibers is gaining popularity, which is cheaper, but the parts produced in this case have less strength than those produced with continuous reinforcement. The range of 3D printers that allow printing composites with short fibers is much wider.

The growing demand for 3D printing technology with composites leads to the development of new designs of 3D printers. One of them can be a 3D printer that prints with a mixture of polymer with a certain percentage of metal powders, graphite, glass, carbon fiber and other fillers [1,2].

**References**

1. Oleh Polishchuk, Petro Zozulia, Andrii Polishchuk. Development and research of equipment for processing of granulated polymeric materials via 3D printing for the needs of light industry. *Fibres and Textiles* (4) 2020, pp.70-80 (in Slovakia).
2. V.I. Solomka. The use of carbon fiber as external reinforcement to increase the load capacity of reinforced concrete span structures of railway bridges. *Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 2015, No. 8. - P.101-107.



**PERSPECTIVES OF USING POLYESTER WASTE COMPLETE FOR THE MANUFACTURE OF FINISHED PRODUCTS USING THE 3D PRINTING METHOD**

A. Polishchuk<sup>1</sup>, O. Polishchuk<sup>1</sup>, T. Tański<sup>2</sup>, M. Rubanka<sup>3</sup>  
*Khmelnytskyi National University*<sup>1</sup>  
*Silesian University of Technology*<sup>2</sup>  
*Kyiv National University of Technology and Design*<sup>3</sup>

Modern light industry uses various types of raw materials for the manufacture of clothing and household items. Among synthetic polymers, the leading position in the world is occupied by polyester (Polyester) - fibers that appeared thanks to the active evolution of the oil refining industry. This is a type of synthetic material. Outwardly, it resembles fine wool, but in terms of consumer properties, it is closer to cotton. It is made from a melt of polyethylene terephthalate - a strong, wear-resistant thermoplastic, which is a good dielectric [1].

Mylar is one of the varieties of polyester fiber.

Polyester is one of the most common and modern materials used to create various types of synthetic fabrics. This material began to be actively used in light industry only in the early 60s of the 20th century.

It is used when sewing everyday clothes and accessories: pants; skirts; dresses; raincoats; coat; a jacket; sports suits; t-shirts; shorts; patch; tie

Polyester is used to make home textiles, including bed linen, curtains, and tablecloths. The fabric is also suitable for dragging furniture. It is economically beneficial, as polyester is inexpensive – cheaper than other upholstery materials.

Many items of tourist and fishing equipment, starting with protective covers and ending with sunbeds, are made of this material. Awnings, tents and sleeping bags are made from it.

From the same fabric, only of a different density, medical films and covering materials for gardeners are made. In the food industry, it is used as a filter material for filtering solutions. This synthetic material is also in demand in the shoe industry, as well as in the production of workwear.

A wide range of ready-made polyester products raises the question of their further disposal after the period of operation or processing into finished products.

Polyester fibers are not biodegradable. For example, in clothes, their number is about 16%. One of the advantages of such fibers is that they can be processed into primary (new) fibers. Recycled polyester fibers, made mainly from plastic bottles, increased their market share from 8% in 2007 to 14% in 2017 [2].

Most light industrial products are still thrown away and burned in incinerators or end up in landfills. Among them are products containing polyester (mylar) fibers.

Recycling also faces a number of challenges, meaning that globally only less than one percent of all materials used in clothing are recycled back into clothing. This reflects the lack of technologies for their further processing. In addition, the existing technologies that allow the processing of clothing into virgin fibers are still imperfect. Therefore, an urgent task is to create a technology for processing products that incorporate polyester fibers into new finished products.

One of the advantages is that when heated, polyester melts, and if it is passed through small holes, thin threads are obtained. When cooled, they harden and form threads.

It is proposed to use shredded polyester waste as raw material for creating new products by 3D printing.

**References**

1. Products from polyester [Electronic resource]. Access mode: <https://kirpi4ik.com.ua/virobi-z-poliesteru-sklad-vlastivosti-plyusi-i-minusi-pravila-doglyadu/>.
2. Kyrychenko O.V. Challenges of the sustainable development of textile industry. Collective monograph. Edited by O.V. Kalashnyk, S.E. Moroz, I.O. Yasnolob. Poltava, 2021. – P.-203-220.

## РОЗРОБКА ВІТРОЕНЕРГОУСТАНОВКИ ДЛЯ ДОМАШНЬОГО ГОСПОДАРСТВА

О. Дзюба, В. Неймак, Т. Романець  
*Хмельницький національний університет*

В останні роки все більша увага приділяється можливості використання екологічно чистих поновлюваних джерел енергії. Їхня природня поновлюваність, поширеність і величезний енергетичний потенціал роблять їх досить привабливими й перспективними. Вітрова енергія є одним з найбільш перспективних видів поновлюваних джерел енергії.

Використання енергії вітру дозволяє здійснювати підйом води, аерацію водойм, меліорацію посівних площ, опріснення води, а найбільш актуальним є забезпечення електроенергією автономних споживачів, віддалених від централізованої мережі й розташованих у віддалених сільських гірських районах.

Підвищення технічного рівня виробництва безупинно пов'язане зі збільшенням споживання енергії. У цей час кількість вироблюваної енергії одержують шляхом використання традиційних енергоносіїв (вугілля, нафта, газ і т.д.), інтенсивне використання яких веде до забруднення навколишнього середовища і їх виснаженню. У роботах [1, 2] проводиться безліч оцінок запасів і строків виснаження традиційних джерел енергії. Бурхливий розвиток промисловості припускає досить відчутне зникнення не тільки запасів енергоресурсів, але й інших малопоширених у природі вихідних речовин і елементів, відходи яких переходять у нову якість, а їх кількість створює потенційну погрозу екології. При наявності достатньої кількості відходів їх можна регенерувати й повторно застосовувати, сама ж енергія регенерації не зазнає.

Енергія, зосереджена в природних джерелах не може використовуватися безпосередньо. Важливим етапом на шляху застосування енергії є її перетворення в доступну для використання форму. Серед безлічі видів поновлюваних енергоносіїв важливе місце займає вітрова енергія. У роботах [3, 4] наведені методичні положення, оцінки, результати й рекомендації з використання енергії вітру, що представляють загальний характер і особливості їх використання. Дослідниками різних шкіл Я.І. Шефтер, Дж. Твайдел, Д. Рензо, Е.М. Фатєєв, Г.Х. Сабінін у свій час незалежно один від одного були показані невичерпність і перспективність використання ВЕУ для енергозабезпечення в тому числі й для автономних споживачів. Характерно, що дослідження проводилися в умовах рівнин і прибережних територій материків, де середньорічні швидкості вітрового потоку становлять 9-12 м/с. Потенціал вітрової енергії в країні попередньо досліджений, складена карта вітрового кадастру й зазначені особливості вітрового навантаження. Особливості використання цієї енергії полягають у тому, що більша частка потенціалу вітрового навантаження припадає на місця, де життєдіяльність людей обмежена гребневими зонами гірської місцевості, перевалами й ущелинами й потреба в електроенергії в зазначених районах відсутня.

Експлуатація вітроенергетичних установок (ВЕУ) середньої потужності в перерахованих районах не доцільна через більші втрати при передачі. Розробка й експлуатація потужних ВЕУ в Україні залишені на перспективу й вимагають більш глибоких досліджень вітрового кадастру.

Однієї із проблем розробки ВЕУ є підведення теоретичної бази створення систем технічного пристрою ефективно перетворюючого енергію вітру. Існує ряд труднощів на шляху розвитку й широкого застосування автономних установок. До них ставляться більші капітальні вкладення, експлуатація, економічна рентабельність різних типів генераторів, надійність, екологічна й суспільна прийнятність і т.д. [2].

У світовій практиці на сучасному етапі існує два підходи до використання енергії

вітру. Перший - більша вітроенергетика, що використовує більші вітроенергетичні потужності до 1,5-2,0 МВт і мала вітроенергетика – до 100 кВт. Більша вітроенергетика використовується в країнах зі значними вітровими енергоресурсами, таких як Голландія, Данія, Австралія, Південна Америка й у великих розвинених країнах Франції, Німеччини, США і т.д. В таких країнах вітроенергетичні агрегати працюють паралельно з енергосистемою [4].

Мала вітроенергетика використовується автономно для локальних малоенергоємких споживачів, у більшості випадків децентралізованих.

Розробка й створення малоенергоємких вітроенергетичних установок (ВЕУ) пов'язані з розв'язком ряду складних як наукових, так і практичних завдань. Це необхідність установлення раціональних режимів роботи установки при малих швидкостях газового середовища, пошук і розробка конструкції генератора, що стабільно працює в умовах малих вітрів, розробка методів розрахунків ефективності ВЕУ з урахуванням динамічної взаємодії з вітроколесом, моделювання аеродинамічних процесів.

В аеродинамічних дослідженнях визначення взаємодії між середовищем тілом, що й рухаються в ній, ґрунтується на принципі зверненого руху у відповідності, з яким взаємодіюча система: нерухливе середовище - рухливий об'єкт. У випадку заміни однієї системи інший повинна бути дотримана умова, при якому швидкість потоку, що набігає, на нерухоме тіло була б дорівнює швидкості руху цього тіла в нерухливому середовищі.

Аналіз існуючих технічних розв'язків, конструкцій і патентів показав, що на даний момент широкого використання автономних малопотужних вітроелектричних установок, що працюють із досить високим КПД при малих швидкостях вітрового потоку, не існує.

При розробці й створенні мало енергоємної ВЕУ вирішувалися наступні завдання:

- вивчення й аналіз накопиченого досвіду розробки й створення вітроустановок, здатних ефективно працювати в умовах невеликого вітрового потенціалу й забезпечувати електроенергією малопотужного автономного споживача.
- розробка теоретичних методів розрахунків і конструювання вітроустановки.
- реалізація розроблених методів розрахунків і конструювання отриманого нового технічного розв'язку при створенні нового дослідно-експериментального зразка і його експериментальному дослідженні.
- розробка практичних рекомендацій з розрахунків, проектування й створенню конструкцій ВЕУ для електропостачання малопотужних автономних споживачів.

#### Список використаних джерел

1. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.
2. Дзензерский В.А. Ветроустановки малой мощности / В.А. Дзензерский, С.В. Тарасов, И.Ю. Костюков. – К.: Наук. думка, 2011. – 592 с.
3. Перспективы мировой ветроэнергетики. Доклад GWEC, Greenpeace International, DLR и Ecofys Spnsultancy / [под ред. Crispin Aubrey, Angelika Pullen, Arthouros Zervos, Sven Teske], Berlin. 2007. – 31 с.
4. Забарний Г.М. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України / Г.М. Забарний, А. В. Щурчков// – К.: ІТТФ, 2002. С. 151 -159.

УДК 697

Енерго-і ресурсозберігаючі технології та обладнання

## **РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК РОТОРА ТА СТАТОРА АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ**

А. Мельник, В. Неймак, Т. Романець  
*Хмельницький національний університет*

Основним видом електропривода робочих механізмів виробничих об'єктів, завдяки простоті виробництва й експлуатації, є асинхронні двигуни (АД) з короткозамкненим

ротором (КЗР). Широта застосування АД з КЗР підтверджується тим, що такими електроприводами споживається до 40 % електроенергії, що виробляється у світі.

Однак оптимальному використанню таких електродвигунів перешкоджає їхня висока пошкоджувальність (щорічно ушкоджуються 20-25 % від загальної кількості встановлених АД з КЗР). Це приводить до порушення безперервності технологічних процесів з наступним браком продукції, витратами на відновлення і ремонт електродвигунів, а також на відновлення нормальних технологічних процесів виробництва. Ушкодження двигунів власних потреб (в.п.) електростанцій може привести до зупинки блоку і тим самим уплинути на стійкість роботи енергосистеми.

Використання методів і засобів контролю й аналізу поточного технічного стану також дозволяє впровадити технологію обслуговування електродвигунів «по стану», що є джерелом істотного підвищення конкурентноздатності, рентабельності і прибутковості підприємства. Цьому сприяє бурхливий розвиток мікропроцесорної і комп'ютерної техніки.

Суть технології обслуговування «по стану» полягає в тому, що обслуговування і ремонт виконуються в залежності від реального поточного технічного стану електродвигуна, контрольованого в процесі експлуатації без яких-небудь розбирань і ревізій на базі контролю й аналізу відповідних параметрів. При цьому витрати на технічне обслуговування електродвигунів знижуються на 50-75 % в порівнянні з обслуговуванням «по регламенту» (система планово-попереджувальних ремонтів).

Для впровадження технології обслуговування «по стану» необхідна повна діагностика об'єкту, причому бажано виявляти всі дефекти, що впливають на ресурс, задовго до відмови, щоб підготуватися до ремонту.

Таким чином, проблема розробки й вдосконалення методів і засобів діагностування технічного стану електродвигунів на основі контролю параметрів робочих режимів є актуальною.

Метою роботи є підвищення надійності роботи АД з КЗР за рахунок вдосконалення методів і засобів технічної діагностики на основі контролю параметрів робочого режиму електродвигуна і забезпечення вірогідності постановки діагнозу.

Проведений аналіз різних видів ушкоджень показав, що практично будь-яке ушкодження електродвигуна приводить до появи магнітної й електричної несиметрії [1-4]. У несиметричному режимі струми статора електродвигуна можна розкласти на симетричні складові ПП (прямої послідовності) і ЗП. Таким чином, симетричні складові токи статора можуть використовуватися для виявлення цілого ряду дефектів електродвигунів.

Аналіз існуючих методів технічної діагностики електродвигунів показує, що існують два напрямки їхнього розвитку. До першого напрямку відносять методи, здійснювані при проведенні профілактичних випробувань і ремонтів (тобто на непрацюючих електродвигунах) і що дозволяють виявляти практично всі можливі види ушкоджень. До другого напрямку відносять експрес-методи, використовувані на працюючих електродвигунах, але спрямовані на виявлення одного певного виду дефектів.

Для експериментальних досліджень режимів роботи АД при обриві стрижнів короткозамкненого ротора використовувалося спеціальний стенд.

Для дослідження режимів роботи АД при обриві стрижнів КЗР використовувався дослідний АД 0,4 кВ, ротор якого модернізований з метою забезпечення можливості імітації обривів стрижнів обмотки.

Для цього на вийнятому роторі відрізані й замінені бічні короткозамкнені кільця, а у всіх стрижнях із двох сторін виконані отвори з різьбленням. Виконана модернізація дозволяє імітувати обриви стрижнів короткозамкненої обмотки ротора. Для цього за допомогою викрутки через отвори в бічних кришках вигвинчуються болти, що з'єднують стрижень із короткозамкненими кільцями.

Список використаних джерел

1. Гребченко Н.В., Полковниченко Д.В. Математическая обработка результатов обследования электродвигателей собственных нужд ТЭС // Вісник національного університету "Львівська політехніка". Електроенергетичні та електромеханічні системи, № 403 – Львів. – 2000. – С. 28-33.
2. Никиян Н.Г., Саликов М.П. Способ и установка для диагностики короткозамкнутых клеток электрических машин // Электрические станции. – 1999. - № 3. – С. 60-62.
3. Полковниченко Д.В. Оперативная диагностика асинхронных электродвигателей собственных нужд ТЭС // Сборник научных трудов ДонГТУ. Серия: электротехника и энергетика, выпуск 4. – Донецк: ДонГТУ. – 1999. – С. 230-235.
4. Хлипальський Ю.З. Диагностирование дефектов клеток роторов асинхронных двигателей с закрытыми пазами: Автореф.дис... канд.техн.наук. Львов, 2000.

УДК 697

Енерго-і ресурсозберігаючі технології та обладнання

**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРАННЯ ПРАЛЬНИХ МАШИН**

О. Семенюк, В. Неймак, Т. Романець  
*Хмельницький національний університет*

Для оцінки ефективності роботи пральної машини існує такий параметр, як якість прання. Якість прання білизни залежить від багатьох показників:

- твердості води;
- температури споживаної води;
- температури води під час прання;
- мийного засобу;
- забруднення білизни;

Існує спеціальний метод визначення ефективності прання бавовняних, синтетичних і змішаних тканин. Метод полягає у фотоколориметричному порівнянні відбивної здатності штучно забрудненого зразка матеріалу до й після прання з відбивною здатністю матеріалу до забруднення. Використовуються дослідні зразки бавовняної тканини з різними видами забруднювачів, що дозволяє визначити:

- миючу дію, що залежить від механічного хімічного й теплового впливу на зразки, забруднені сумішшю сажі й мінерального масла;
- видалення пігментів білка, коли зразки забруднені кров'ю;
- видалення органічних пігментів, коли зразки забруднені какао з молоком;
- відбілюючу дію, коли зразки забруднені червоним вином.

У країнах Євросоюзу як штучно-забруднену тканину (ШЗТ) використовуються смуги бавовняної тканини, що зшиті з п'яти квадратів розміром 15x15 см кожний, в наступній послідовності: чистий - забруднений сажею з мінеральним маслом - забруднений кров'ю - забруднений какао з молоком - забруднений червоним вином.

Фірма-виробники пральних машин мають у своїх дослідних лабораторіях еталонні пральні машини Wascator і шляхом порівняння результатів прання визначають клас ефективності прання своїх виробів.

У нашій країні визначення функціональних характеристик пральних машин виробляється відповідно до вимог ДЕРЖСТАНДАРТ 8051-93 «Машини пральні побутові. Загальні технічні умови». ШЗТ виготовляються АТ Вндіхімпроект (Україна, м. Київ).

Відомі два способи одержання штучного забрудненої тканини. Перший - це забруднення вручну. Дуже важкий і трудомісткий процес, не відрізняється високою продуктивністю. Другий - це забруднення тканини за допомогою механізованої установки, принцип роботи якої полягає в наступному: чиста тканина 2 з котушки 1 надходить в бак 3 з грязьовою емульсією. Після чого, тканина віджимається парою валків 4 і надходить в установку сушильну, яка складається з штатива 5 з закріпленими на ньому шістьма

електротепловентиляторами “ЕК-4” 6. Сушильна установка закріплена на каркасі 7. Після сушіння тканина поступає на котушку 8. Тканина приводиться в рух за допомогою віджимних валків. Від віджимних валків отримує обертальний рух і котушка 8 через ланцюгову передачу. Самі ж валки наводяться в рух через два черв'ячних редуктора від електродвигуна.

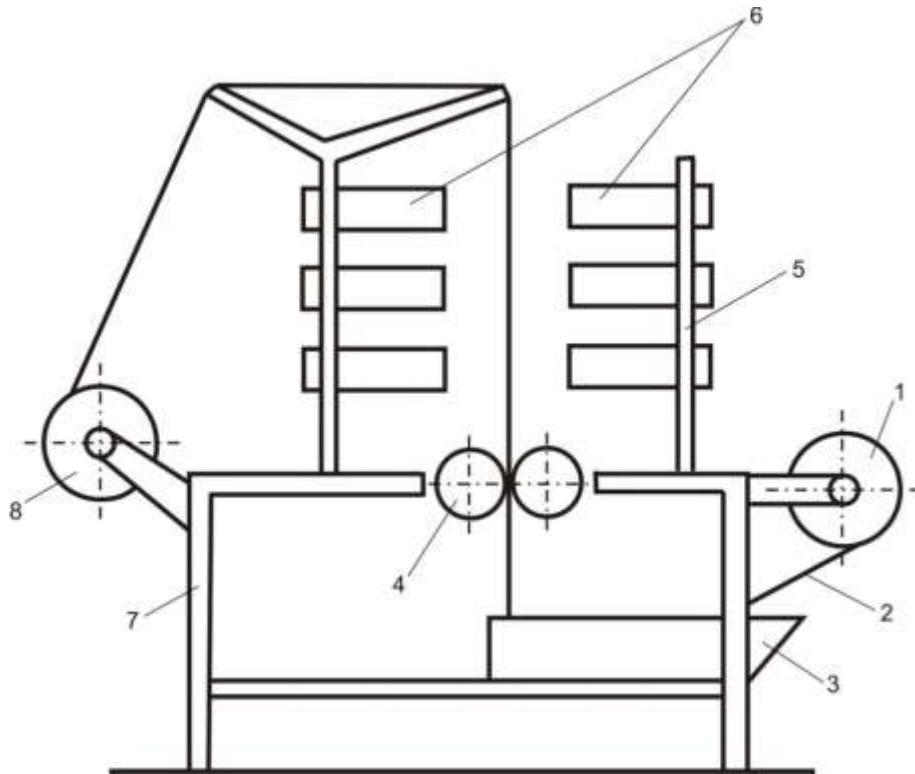


Рисунок 1 – Схема стану для штучного забруднення тканини

Ця установка призначена для полегшення і прискорення процесу створення штучно забрудненої тканини. Аналогом є пристрій, що використовується в НВО Веста.

Недоліки цього приладу такі:

- а) довгий охолодження грязьовий емульсії;
- б) осідання бруду;
- в) великі втрати тепла при сушінні в навколишнє середовище.

Цей пристрій приймається за базову модель.

В цьому пристрої можна виділити кілька основних складальних одиниць, а саме:

- 1 - привід пристрою
- 2 - забруднення тканини
- 3 - сушка тканини.

Деякі елементи залишені такими, як і в базовій моделі, без зміни.

Список використаних джерел

- 1. ДСТУ 2721-94 (ГОСТ 8051-93). Машина пральної побутової. Загальні технічні умови. IDT 2-95\* 01.07.1995
- 2. Кутателадзе С.С. Гидродинамика газожидкостных систем. / С.С. Кутателадзе, М.А. Стирськович, – М.: Энергия, 1976. – 246 с.



## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В УКРАЇНІ**

С.Пундик, А. Кармаліта, В. Баксалов, С. Лучко  
*Хмельницький національний університет*

Останнім часом регулярно підкреслюється, що ріст світового ВВП досягається за рахунок виснаження природних ресурсів і екосистем, тобто всього того, що складає так званий природний капітал. Різде загострення екологічних проблем наочно показує, що треба міняти взаємостосунки людини і природи.

З'явилися глобальні екологічні ініціативи – ООН призиває до переходу на «зелену економіку», ОЕСР проголошує орієнтир на «зелений ріст», ведуться розмови про «зелену хімію», «зеленої промисловості» і так далі.

Центральною ідеєю «зелених» концепцій є збереження і збільшення природного капіталу.

Наша країна має велику територію, з можливістю використання різних типів відновлювальних джерел енергії. Участь у збільшенні глобального природного капіталу – це наш шанс до розвитку.

Процес переходу на найкращі доступні технології (НДТ) поклав початок узгодженню двох політик – промислової і екологічної. Тобто потрібні такі рішення по розвитку промисловості, які будуть сприяти зменшенню екологічної шкоди від цієї промисловості, а рішення по природоохоронних заходах повинні сприяти розвитку промисловості.

Цей процес узгодження двох політик може бути покладений в основу технологічного переозброєння промисловості, руху убік «зеленої» економіки, збільшенню природного капіталу.

Для цього потрібні промислові технології. Нові технології або добре забуті старі. Такі, щоб забезпечити задоволення потреб суспільства, але при цьому не виснажувати природні ресурси, а навколишнє середовище не перетворювати в смітник відходів.

Ефективне заміщення за допомогою теплових насосів (ТН) у системах промислового і цивільного теплопостачання викопних видів палива на тепло поновлюваних і вторинних джерел є одним із практичних напрямків енергозбереження і охорони навколишнього середовища. Теплова потужність діючого у світі парку ТН оцінюється в 250 ГВт із річним виробітком 1,0 млрд. Гкал тепла, що відповідає заміщенню викопних видів палива в обсязі до 80 млн. т у.т./рік. По прогнозам Світового енергетичного комітету до 2023 року в 75 % усіх систем теплопостачання в розвинених країнах будуть використовуватися ТН. В Україні встановлена потужність теплонасосних установок (ТНУ) усіх типів не перевищує 65 МВт, що робить актуальним в умовах економічного курсу країни на енергозбереження і енергоефективність якнайшвидше усунення наявного відставання в цій сфері [1].

Однак, досвід практичного застосування ТН у розвинених країнах з м'яким кліматом, де для опалення широко використовуються тепло навколишнього повітря і ґрунту, широко застосовний для України. Також тут для роботи ТН можна використовувати практично необмежені ресурси природного і техногенного низькопотенціального тепла водних джерел, зокрема, поверхневих джерел з температурою до 5°C. Однак, при цьому коефіцієнт перетворення ТНУ через більші перепади температур у випарнику і конденсаторі знижується до граничних 2,5, що визначають грань конкурентоспроможності із кращими традиційними теплоджерелами.

З розвитком малоповерхового будівництва актуальними стають завдання по розробці, створенні і апробації ефективних імпортозамісних парокompресорних ТН (ПКТН) теплопродуктивністю до 100 кВт і конкурентоспроможних схем ТНУ на їхній основі, адаптованих до наших кліматичних умов.

У якості перспективних для широкого промислового застосування у світі розглядаються мобільні абсорбційні бромисто-літєві ТН (АБТН) із вбудованою топкою і багатоступінчастою регенерацією розчину, здатні по енергетичній ефективності перевершити ПКТН і традиційні теплогенератори. До розробки прототипів уже приступили провідні закордонні фірми, що може привести до зміни світових пріоритетів на ринку обладнання для опалення і кондиціонування. Ключовою проблемою досліджень у цій області є розробка високотемпературних генераторів з температурами поверхні нагрівання понад 200 °С, при яких можлива криза теплообміну при десорбції розчинів [2].

Підвищення ефективності ПКТН і АБТН за рахунок удосконалювання їх робочих циклів і схем становить основу сучасних досліджень в області теплонасосних технологій. У цей час ідеологія створення ТН базується на масштабному досвіді розробки холодильних машин (ХМ), що не завжди виправдане, тому що температурні режими роботи, охолоджуваного і нагрітого середовища, робочі тіла і термодинамічні цикли, умови конкурування на ринку тепла і холоду для ТН і ХМ у загальному випадку сильно різняться. Для оцінки їх ефективності використовуються різні показники, що недостатньо повно відбивають специфіку багатьох перспективних застосувань, зокрема, при спільному виробітку тепла і холоду в хімічних технологіях, при охолодженні парного молока з виробітком тепла на ГВС, при сполученні АБТН із ТЕС у рамках низькотемпературних систем централізованого теплопостачання і т.д. Це робить необхідним розробку і використання універсальних підходів для аналізу та пошуку рішень по підвищенню ефективності ТН різного типу і теплопостачальних систем на їхній основі.

У цілому термодинамічна досконалість зворотних циклів ТН у значній мірі визначає техніко-економічну і екологічну ефективність теплонасосних технологій. Це особливо актуально для розробки децентралізованих систем теплопостачання в рекреаційних зонах, де є екологічні обмеження на застосування традиційних технологій одержання теплової енергії.

Список використаних джерел

1. Гашо Е.Г., Козлов С.А. Тепловые насосы в современной промышленности и коммунальной инфраструктуре. Информационно – методическое издание. — М.: Издательство «Перо», 2016. — 204 с.
2. Nakoryakov V. E. A Method of Evaluating heat Transfer during Nonisothermal Absorption /V. E. Nakoryakov and S. L. Elistratov // Thermal Engineering. 2009. - Vol. 56, №3. - P. 210-213.

УДК 685.34.05

Енерго- і ресурсозберігаючі технології та обладнання

**ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ І УПРАВЛІННЯ ПРИСТРОЮ  
ДЛЯ МАРКУВАННЯ І КЛЕЙМУВАННЯ ВИРОБІВ**

М. Лучинський<sup>1</sup>, О. Поліщук<sup>1</sup>, О. Шпак<sup>1</sup>, М. Рубанка<sup>2</sup>  
*Хмельницький національний університет<sup>1</sup>*  
*Київський національний університет технологій та дизайну<sup>2</sup>*

При розробці схемного рішення пристрою для маркування та клеймування з регулюванням та стабілізацією напруги заряду основним завданням є вибір силової схеми перетворювача та алгоритмів управління ним. Підставою для вибору силової схеми є технічні та економічні вимоги до цих пристроїв як з боку споживачів, так і з боку виробників електроенергії. А це вимоги щодо якості та економічності споживаної вхідної та вихідної енергії на етапі експлуатації пристрою, а також вимоги щодо маси та, в першу чергу, щодо економії активних матеріалів, як носіїв енерговитрат на етапі виготовлення схемного рішення та комплектуючих виробів [1].

Імпульсні пристрої маркування та клеймування як споживачі електричної енергії характеризуються рядом властивостей, що істотно відрізняють їх від споживачів

звичайного типу, що полягає за рахунок безперервного накопичення енергії в конденсаторі при реалізації цієї енергії пристроєм.

Для пристроїв маркування та клеймування слід розробити схему живлення, яка перетворює та передає енергію джерела живлення на накопичувальні конденсатори та за сигналом управління від оператора розряджається на обмотку збудження силової електромагнітної ударної системи (СЕМУС). СЕМУС у пристрої маркування та клеймування, споживає імпульсну накопичену в конденсаторі енергію, що ставить завдання вибору систем заряду накопичувальних конденсаторів та дослідження процесів у цих системах з метою підвищення енергетичних показників, зменшення габаритів та маси. Необхідно відзначити, що необхідне дозування енергії удару процесах маркування вимагає наявності у схемі регулювання енергії заряду.

У технічній літературі наводяться описи та дослідження різних схем перетворювачів в системах заряду ємнісних накопичувачів енергії (ЄНЕ).

При живленні від промислової мережі особливість перетворювача даних пристроїв полягає у забезпеченні заряду накопичувальних конденсаторів в інтервалі часу, що відповідає більшій кількості періодів напруги джерела. Згідно з технічними вимогами, час, що надається для передачі енергії від джерела накопичувальний конденсатор, на два і більше порядків перевищує тривалість розрядного імпульсу, тому процеси в колах розряду порівняно слабо впливають на процеси передачі енергії від джерела в накопичувач. Тільки за такої умови буде забезпечено раціональні режими роботи системи заряду накопичувальних конденсаторів.

Основними вимогами, що пред'являються до схем живлення СЕМУС для операцій маркування і клеймування, є надійність, простота конструкції, можливість регулювання напруги заряду накопичувальних конденсаторів, так як величина механічного імпульсу, що розвивається якором СЕМУС залежить від амплітуди і тривалості електричного імпульсу, поданого на обмотку збудження.

До схем живлення та управління зарядних пристроїв у приводі пристроїв маркування та клеймування пред'являються наступні вимоги: можливість регулювання напруги заряду ЄНЕ; забезпечення стабільності заряду у необхідних межах; простота пристрою; мінімальні масогабаритні показники; низька ціна.

Найпростішим схемотехнічним рішенням для даної задачі може служити автотрансформаторна регульована схема заряду ЄНЕ. Електричну схему блока живлення СЕМУС пресового обладнання з ЛЕД у вигляді ємнісного накопичувача енергії з комутаційним апаратом прямої дії контактів при «заряді-розряді» конденсаторів представлено на рис.1 [2].

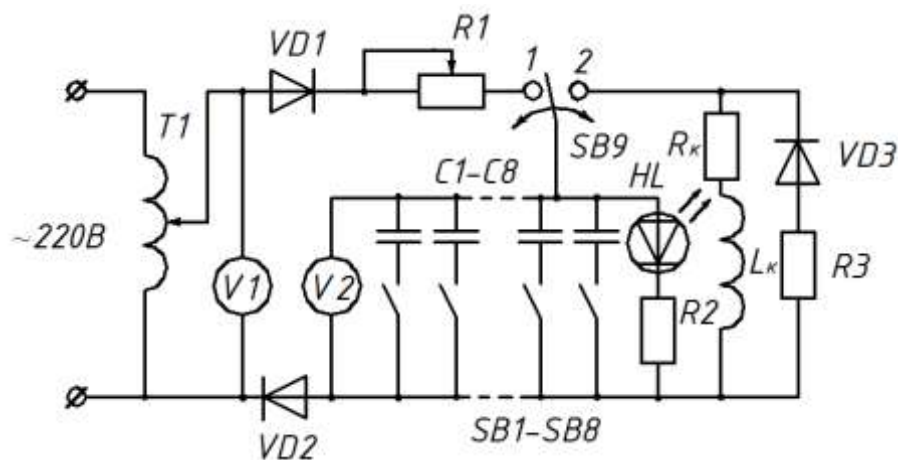


Рисунок 1 - Електрична схема пристрою живлення з механічним керуванням ємнісним накопичувачем енергії

Пристрій виконано у вигляді окремого блоку. Він дає змогу дискретно змінювати енергію, яка прикладається до котушки індуктивності ЛЕД, що, в свою чергу, дозволить регулювати величину розрядного струму, який буде протікати через неї, змінювати також тривалість імпульсу напруги, що прикладається до обмотки двигуна, та здійснювати погашення магнітного поля лінійного електричного двигуна в кінці циклу енергоперетворення.

Пристрій живлення та керування підключається до мережі змінного струму з напругою 220 В. Регулювання тривалості імпульсу напруги, яка прикладається до котушки індуктивності ЛЕД, можна здійснювати, змінюючи ємність конденсатора, а напруги, прикладеної до котушки індуктивності, змінюючи напругу зарядки конденсатора.

За допомогою автотрансформатора  $T1$  виставляється необхідна напруга зарядки конденсаторів  $C1 - C8$ . Перемикачі  $SB1 - SB8$  дають можливість в електричне коло підключати конденсатори визначеної ємності для накопичення потрібної енергії заряду. При включенні перемикача  $SB9$  в положення 1 проходить зарядка конденсаторів до робочої напруги  $U_n$ . Резистор  $R1$  призначено для регулювання часу зарядки конденсаторів. Після засвічування контрольного індикатора  $HL$  перемикач  $SB9$  переводиться в положення 2 і ємнісний елемент підключається до котушки індуктивності ЛЕД (індуктивний  $L_k$  та резистивний  $R_k$  елементи є елементами схеми заміщення котушки індуктивності). Ємнісний елемент починає розряджатися. При цьому енергія електричного поля ємнісного елемента перетворюється в енергію магнітного поля індуктивного елемента і частково розсіюється в резисторі  $R_k$  котушки індуктивності.

Погашення магнітного поля лінійного електричного двигуна в кінці циклу енергоперетворення відбувається за рахунок наявності обов'язкового контуру, який складається з діода  $VD3$  та опору погашення  $R3$ . Такий контур погашення простий, надійний в роботі, дозволяє забезпечити короткий час погашення та потрібну швидкодію лінійного електричного двигуна пресового обладнання.

Така схема в подальшому буде використовуватися при експериментальних дослідженнях пристрою з електромагнітним приводом для виконання операцій маркування та клеймування виробів.

Список використаних джерел

1. Егоров А. А. Импульсный линейный электромагнитный привод для операций маркирования и клеймения деталей и изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.03 / Егоров Андрей Александрович. – Саратов, 2007. – 180 с.
2. Поліщук О.С. Наукові основи проектування електромеханічного пресового обладнання легкої промисловості: дис. ... доктора техн. наук : 05.05.10 / Поліщук Олег Степанович. – Київ, 2019. – 442 с.

УДК 621.865

Енерго- і ресурсозберігаючі технології та обладнання

**РОБОТИ-МАНІПУЛЯТОРИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

Є. Гарбар, О. Поліщук, А. Поліщук, В. Косенков  
*Хмельницький національний університет*

Робот-маніпулятор - пристрій, який використовується у виробництві для дії на об'єкт. У більшості випадків маніпулятори мають параметри, схожі на здібності людських рук. Вони можуть бути повністю автономними, так і входити до складу складних роботизованих комплексів. Їхні фрагменти можуть відрізнятися присутністю тих чи інших механічних вузлів, які відповідають за здійснення обертальних чи поступальних рухів.

Застосування роботів-маніпуляторів у виробництві дозволяє суттєво оптимізувати процеси, скоротивши витрати та підвищивши якість виробленої продукції за рахунок

скорочення кількості помилок, що допускаються на лінії через людський фактор. Ще одним незаперечним плюсом застосування роботизованої техніки на виробництві є зниження недоцільної втрати сировини та кількості травм серед найманого персоналу.

Застосування маніпуляторів дозволяє не тільки підняти рівень виробництва, а й підвищити прибутковість підприємства за рахунок зниження витрат та об'єму неякісної продукції. Незалежно від призначення робота, конструкція маніпуляторів схожа і нагадує будовою руку людини.

Існує багато різних конфігурацій роботів-маніпуляторів, але більшість з них працюють на тих самих загальних принципах руху. На відміну від механізмів, що працюють в системі декартових координат, таких як, наприклад, 3D-принтери, маніпулятори здебільшого використовують полярну систему координат для переміщень і мають робочу область у формі дуги. Роботи-маніпулятори унікальні тим, що вони не обмежені розміром площі і займають дуже мало місця в порівнянні з іншими машинами з аналогічними функціями.

У фізиці, в ступені свободи (DOF) у вигляді механічної системи є число незалежних параметрів, що визначають конфігурацію або стан. Важливий при аналізі систем тіл у машинобудуванні, будівництві, аерокосмічній техніці, робототехніці та інших галузях. У робототехніці цей термін використовується для позначення кількості шарнірів або осей, що обертаються, на конкретному важелі, наприклад, важіль 4DOF може обертатися за допомогою чотирьох окремих суглобів. Виходячи з цього показника та від задач, які необхідно вирішити існують конструкції роботів з різними ступенями свободи. Також роботи-маніпулятори можуть бути різних розмірів і типів. Можуть відрізнятися за типом конструкції та принципом роботи. Мати віддалене керування оператором або за заданою задалегідь програмою.

В наш час значно розширюються сфери застосування автоматичної та робототехніки [1]. Оскільки з розвитком і створенням автоматичних систем керування, інформаційних технологій та штучного інтелекту з'явилась можливість вирішення різних технічних задач, то такі технології застосовуються задля вирішення задач, що пов'язані зі звільненням людини від робіт, що створюють загрозу для життя та здоров'я, а також задач, що пов'язані з перенесенням вантажів та монотонними діями.

Але на сьогодні почали з'являтися універсальні модульні роботи-маніпулятори. Оскільки, крім традиційного механізму захоплення та перенесення деталей та виробів, робот може підтримувати такі модулі, як 3D-екструдер та лазерну головку/ Такі системи є актуальними для виробництв легкої промисловості.

Список використаних джерел

1. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації. – К: НТУ України КПІ, 2008. – 236 с.

УДК 539.2

Енерго- і ресурсозберігаючі технології та обладнання

**ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ - ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В ПРОМИСЛОВІСТІ ТА ПОБУТІ**

М. Антонюк, М. Скиба, С. Лісевич, Л. Білий  
*Хмельницький національний університет*

Термоелектричне перетворення енергії, як метод прямого перетворення теплової енергії в електричну, засноване на електронних переходах, що виникають у твердих тілах.

Ефект термоелектричного охолодження був вперше відкритий та описаний Пельтьє. Це явище полягає в тому, що при протіканні електричного струму через ланцюг, що

складається з двох різнорідних напівпровідників, у місці з'єднання напівпровідників поглинається чи виділяється певна кількість теплової енергії. Тобто місце спаю у ланцюзі охолоджується або нагрівається залежно від напрямку струму (рис. 1).

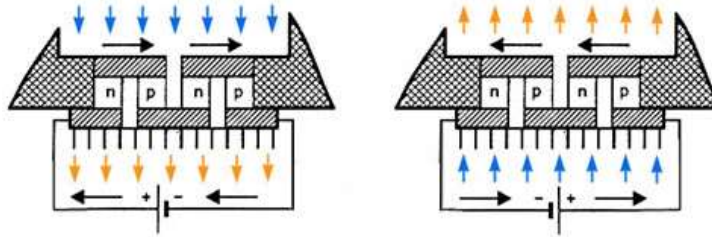


Рисунок 1 - Схема ефекту Пельтьє у термоелектричному елементі

На сьогодні використовуються термоелектричні елементи, де одиничним елементом є термопара, що складається з двох різнорідних напівпровідникових елементів з р-і n-типами провідності. Елементи з'єднуються між собою за допомогою комутаційних пластин з міді послідовно. У термоелектричному модулі термопари поміщаються між двох плоских керамічних пластин на основі оксиду або нітриду алюмінію, при цьому всі термоелектричні елементи з'єднані паралельно. Кількість термопар може змінюватися в широких межах - від одиниць до сотень, що дозволяє створювати термоелементи будь-якої холодопродуктивності.

Залежно від конструктивного виконання термоелементи бувають: однокаскадні та багатокаскадні (рис.2).

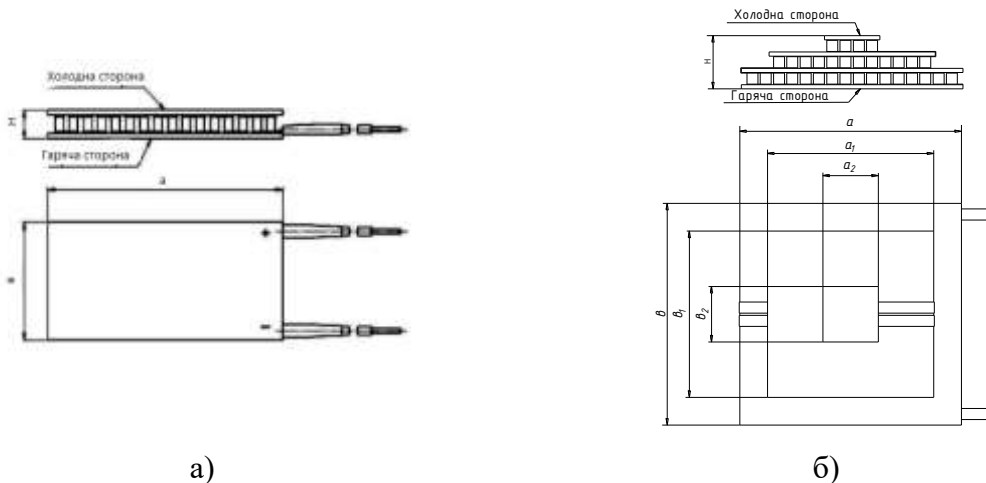


Рисунок 2 – Види термоелектричних елементів: однокаскадні (а) та багатокаскадні (б)

Основними характеристиками термоелектричних елементів є максимальна холодопродуктивність  $Q$  та різниця температур  $\Delta T$ .

Холодопродуктивність визначається кількістю виділеного чи поглинутого тепла. Холодопродуктивність  $Q$  та різниця температур  $\Delta T$  залежать від сили струму, що проходить через модуль та інших параметрів, які характеризують ефективність термоелемента.

$$Q = P \cdot I - \frac{1}{2} I^2 R - K(T_2 - T_x) \quad (1)$$

де  $P$  – коефіцієнт Пельтьє;  $I$  – сила струму;  $\Delta T = T_2, T_x$  - відповідно температура гарячого та холодного спайв термоелемента;  $R$  – загальний омичний опір термоелемента;  $K$  – загальний коефіцієнт теплопровідності. Ці два показники залежать від матеріалу термоелемента, його довжини та площі поперечного перерізу;

Досягнення максимального значення різниці температур  $T_2, - T_x$  можливе лише в



тому випадку, коли холодопродуктивність відсутня:  $Q = 0$ . З іншого боку, при нульовій різниці температур забезпечується максимальна холодопродуктивність  $Q_{\max}$  (при струмі  $I_{\max}$ ). Холодопродуктивність  $Q_{\max}$  залежить тільки від відношення висоти та сумарного перерізу гілок провідника і може бути необмежено великою. На сьогодні на ринку термоелектричної продукції є елементи з потужністю понад 300 Вт [2].

Максимальна різниця температур термоелектричних елементів  $\Delta T_{\max}$  досягається при певній фіксованій температурі гарячого спаю і при нульовій холодопродуктивності ( $Q=0$ ). Максимальна різниця температур, що досягається при роботі термоелемента, однозначно пов'язана з добротністю і на пряму не залежить від геометричних характеристик термоелемента.

До прикладу, для однокаскадних термоелектричних елементів максимальна різниця температур може досягати 74–76 К. Значення  $\Delta T_{\max}$  для однокаскадного модуля залежить тільки від ефективності термоелектрика речовини [2].

Для багатокаскадних модулів значення  $\Delta T_{\max}$  залежить не тільки від ефективності речовини, але і від числа каскадів охолодження та конфігурації модулів. Максимальна різниця температур для двокаскадних моделей підвищеної потужності становить 83-87 К, а для чотирьохкаскадних модулів досягає 140 К [2].

Однією з найбільш важливих величин, що визначають термоелектричні властивості термоелектричних елементів є термоелектрична ефективність напівпровідникової речовини, з якої він виготовлений. Слід зазначити, що чим вище значення добротності, тим вище максимальна різниця температур модуля, а відповідно - тим краще його споживчі властивості та ефективність застосування.

Визначальною характеристикою термоелементів є холодильний коефіцієнт  $\varepsilon$ , який показує відношення холодопродуктивності  $Q$  модуля до електричної енергії  $W$ , що ним споживається.

$$\varepsilon = \frac{Q}{W} = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)T_x I - \frac{1}{2}I^2 R - K(T_z - T_x)}{I^2 R + (\alpha_1 - \alpha_2)(T_z - T_x)I} \quad (2)$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  – коефіцієнти термоЕРС, що залежать від властивостей матеріалу термоелемента.

При заданому значенні струму холодильний коефіцієнт  $\varepsilon$  практично лінійно залежить від різниці температур, і при менших різницях температур він вищий. Для термоелектричних пристроїв холодильний коефіцієнт  $\varepsilon$  у середньому становить 0,3-0,7 [2].

Слід пам'ятати, що за нульової різниці температур і при малих струмах, значення холодильного коефіцієнта прямує до нескінченності. На практиці це означає, якщо необхідно мати підвищену економічність пристрою, то потрібно використовувати більшу кількість модулів та живити їх меншим струмом – до тих пір, поки цього струму вистачає для забезпечення системи, тобто для компенсації теплового потоку від гарячих спаїв.

Незважаючи на те, що явище термоелектричного перетворення було відкрите давно, широке його розповсюдження та практичне використання відбулось за останні кілька десятиліть та зараз набуває актуального значення в умовах розвитку альтернативних засобів отримання енергії та холоду.

Відновлення інтересу до застосування термоелектричного охолодження також пов'язане із екологічними проблемами, що виникають при використанні традиційних методів отримання холоду (руйнування озонового шару, парниковий ефект тощо). Термоелектричні охолоджуючі пристрої зовсім безпечні з екологічної точки зору, не мають зношуваних парт тертя; безшумні у роботі, характеризуються відсутністю вібрацій, здатні працювати тривалий час.

Термоелектричні перетворювачі енергії мають і інші переваги, що дозволяє їх використовувати у якості альтернативних охолодження, нагрівання та генерації електричної енергії. Це зокрема, можливість охолодження та нагрівання, залежно від

технічних параметрів; надійність компонентів, що виробляють холод; можливість швидкого охолодження при застосуванні новітніх термоелектричних модулів; висока точність регулювання температури та можливість термостатування напрямом зміни струму живлення (його величини); незалежність параметрів термоелектричних модулів від фізичних впливів на них та дуже мала чутливість до механічних навантажень; відсутність необхідності в складному технічному обслуговуванні.

Список використаних джерел:

1. Дехтярук, Р. І. Термоелектричне охолодження теплонапружених елементів електроніки та оптоелектроніки [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.05.14 "Холодильна, вакуумна та компресорна техніка, системи кондиціонування" / Дехтярук Роман Іванович ; наук. кер. В. О. Семенюк ; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Одеса : ОНАХТ, 2012. - 20 с.

2. Шостаковский П. Сучасні рішення термоелектричного охолодження для радіоелектронної, медичної промисловості та побутової техніки // Компоненти та технології. 2009. №2. 2010. №1

УДК 677.053

Новітні технології та засоби виробництва в галузях промисловості

### **ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАМОТУВАННЯ ПРЯЖІ**

Д. Завадовський, Т. Романець, В. Неймак  
*Хмельницький національний університет*

В'язані речі зручні, практичні, модні. Однак не завжди можна відшукати і купити виріб який задовольнить нас зовнішнім виглядом, якістю, ціною тощо. Хтось купує одяг на ринку, хтось в салонах моди. Однак існує прошарок людей, які самі з задоволенням виготовляють в'язані речі для себе, друзів та знайомих, реалізуючи при цьому свої творчі здібності.

В цьому випадку ідеально підходять побутові в'язальні машини. Вони дозволяють реалізувати досить широкий асортимент одно та двошарових переплетень. Зручна робота з узорами та слідкування за голками при добавлянні та збавлянні петель.

Однак пряжа, яка використовується для в'язання виробів продається як правило у вигляді мотків. А для переробки пряжі на в'язальній машині вона має бути намотана на конічні чи циліндричні бобіни.

Тому досить актуальною є проблема розробки електромеханічного пристрою для намотування пряжі на такі бобіни.

Якість пряжі, а, отже, її обривність при переробці на в'язальних машинах, багато в чому залежить і від стану мотального устаткування, на якому формуються мотальні пакування. Надмірне перетирання ниток напрямними органами машин (значною мірою мотальним барабанчиком) приводить до різкого зниження характеристик міцності ниток, а, іноді, впливає й на зовнішній вигляд пряжі (наводить глянець).

Досить перспективні дослідження, спрямовані на розробку конструкції й створення нових типів машин, що забезпечують одержання мотальних пакувань більш досконалої структури, а також на модернізацію наявного парку мотального устаткування, до якого відносяться машини фрикційного типу, де мотальні пакування одержують обертання за рахунок тертя об мотальний барабанчик [1].

Для одержання рівномірно застиленої структури використовують механізми намотки, до складу яких входять механізми розкладки. Існуючі механізми розкладки, не забезпечують одержання рівномірно застиленої структури при формуванні пакувань. У зв'язку із цією обставиною виникла практична необхідність у проведенні досліджень існуючих механізмів розкладки, з метою усунення причин їх незадовільної роботи для наступного використання результатів досліджень при розробці нових конструкцій намоточних механізмів.

Від форми й структури вихідного пакування залежать якість сформованої нитки, продуктивність оздоблювального й переробного устаткування, кількість відходів нитки на всіх наступних технологічних операціях її обробки або переробки. У зв'язку з цим, до вихідного пакування пред'являють високі вимоги. Структура пакування повинна сприяти одержанню нитки з однаковими фізико-механічним показниками; дозволяти вести рівномірну й скорочену обробку нитки рідинами безпосередньо в пакуванні, тобто вільно й рівномірно пропускати оздоблювальні розчини або пару по всій товщині й довжині пакування; сприяти одержанню максимально допустимої щільності формованого пакування.

Форма й структура повинні сприяти одержанню пакувань максимальної маси при заданих розмірах, легкому сходу нитки при змотуванні із заданою швидкістю без зльотів і переплутування витків. Форма пакування повинна бути зручною для упаковки й транспортування й давати при цьому мінімальний відсоток відходів нитки через розповзання кінців пакування.

Для формування пакувань заданої форми й структури нами розроблено пристрій для намотування пряжі. Структурна схема даного пристрою зображена на рисунку 1.

В останні десятиліття широке поширення отримали крокові двигуни, які переважно використовуються для систем, в яких важлива не тільки автоматизація, а й точність позиціонування. Від колекторних двигунів їх відрізняє можливість фіксування ротора в певному положенні, що дозволяє використовувати їх у старт-стопному режимі в механізмах, де на роторі є зовнішнє навантаження, не пов'язане з навантаженням, що з'являється безпосередньо при обертанні валу.

Простота керування полягає не тільки у відсутності зворотного зв'язку. Щоб керувати валом, достатньо подавати напругу в обмотки крокового двигуна. Головне робити це у суворій послідовності і за певними правилами, а також у певному діапазоні частот.

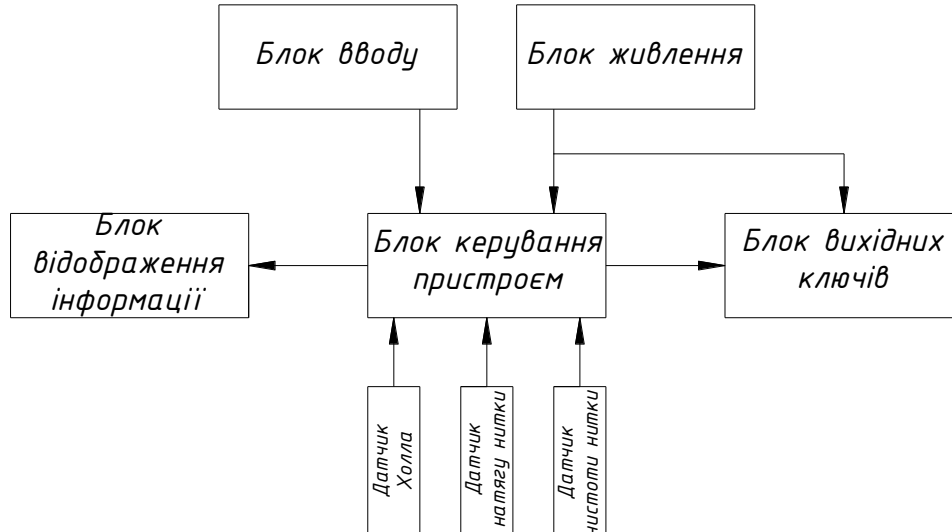


Рисунок 1 – Блок-схема керування пристроєм

Безпосереднє керування обертанням ротора крокових двигунів здійснюється спеціальними драйверами або іншою силовою частиною, реалізованою на транзисторах та спеціальних мікросхемах. Для керування основною роботою пристрою (керування вихідними каналами, відображенням інформації) вибираємо мікроконтролер Atmega8A-AU від фірми Atmel. Він має достатньо пам'яті для написання програми та достатньо контактів для керування зовнішньою периферією.

В пристрої використано окремі джерела руху для тіла обертання та для розкладчика

нитки. В якості приводу взято крокові двигуни. Спеціально розроблена плата дозволяє задавати потрібні режими роботи кожного з двигунів. Це може бути реалізовано як з ручним керуванням за допомогою клавіатури при наладці та підборі режимів роботи так і програмно.

За допомогою програми можна задавати потрібний закон руху нитководу з урахуванням результатів аналітичних та експериментальних досліджень. Тобто в залежності від лінійної щільності пряжі, особливості її будови та інших характеристик задаються потрібні співвідношення швидкості обертання бобіни та закону руху нитководу для забезпечення рівномірно застилогої структури пакування. Датчики дозволяють контролювати якість пряжі що намотується. Розроблені програми можуть зберігатися на будь-якому цифровому носіїві і використовуватись для перепрограмування мікроконтролера при зміні типу пряжі, розмірів вихідного пакування та за інших потреб.

УДК 621.7.024

Новітні технології та засоби виробництва в галузях промисловості

### **ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ**

Р. Буць, Т. Романець, В. Неймак

*Хмельницький національний університет*

Підвищення якості виробів легкої промисловості пов'язано зокрема з покращенням другорядних промислових процесів, наприклад, очистка поверхонь деталей від забруднення перед складальними операціями, перед дефектуванням чи нанесенням покриття.

Ретельна очистка робочих поверхонь машини від промислового та експлуатаційного забруднення запобігає передчасному зносу відповідних деталей, вузлів та агрегатів, збільшується період їх безвідмовної роботи, покращує технічні та експлуатаційні характеристики машини, економить дорогоцінні метали та робочі рідини, скорочує затрати на обслуговування та ремонт машини.

Підвищення виробничої чистоти машини легкої промисловості, збільшення на цій основі її надійності та ресурсу рівноцінно, таким чином, додатковому випуску машин та запасних частин до них. Розробка та впровадження в легку промисловість способів та засобів інтенсифікованої очистки поверхонь деталей при обслуговуванні агрегатів та систем машин, дає змогу підвищити техніко-економічні показники експлуатації обладнання. Крім того інтенсифікація процесу очистки поверхонь від забруднення перед нанесенням покриття дозволяє підвищити якість декоративних та захисних покриттів деталей, наприклад фурнітури.

В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільшу продуктивність очищення деталей від забруднень має газорідний спосіб. Конкуренцію йому може скласти ультразвуковий спосіб, однак його використання стримується високою вартістю обладнання, складністю його налаштування та низькою надійністю [1].

Якість очистки визначається не тільки здатністю відмивати забруднення, але й тривалістю цього процесу. У традиційних установках більшість миючих розчинів якісно працюють тільки при високих температурах.

Досить перспективним є метод очищення деталей в миючих установках з активною дією миючої рідини після подачі в потік рідини газових пухирців [2]. У таких пристроях ефект кипіння виникає не залежно від температури миючого розчину. Головним активатором хімічних процесів є кисень, а миття - процес не тільки механічний, але й хімічний, тому витрата миючих речовин у пухирцевих установках значно менша. Наявність великої кількості пухирців інтенсифікує процес очищення поверхні деталей від забруднень.

Очищення поверхні металевих деталей, внутрішніх порожнин вузлів, агрегатів й

систем являє собою сукупність складних фізико-хімічних й механічних процесів, ефективність яких залежить від властивостей миючого середовища, розміру й властивостей часток забруднень, технологічних режимів очищення, конструктивних особливостей деталей, що очищаються, агрегатів і систем. Вид й ступінь забруднення, що залишилося після очищення поверхні, залежить в основному від способу очищення й типу миючої середовища.

Неможливість забезпечення потрібних для очищення швидкостей потоку миючої рідини (порядку 30 м/с) приводить до значного збільшення тривалості очищення, а також не гарантує повного видалення часток забруднень розміром менше від 5 мкм до 10 мкм.

Спеціальні дослідження показують, що ефективно видалення полідисперсного порошку забруднюючих часток розміром від 2 мкм до 100 мкм можливо і при помірних середніх швидкостях миючої рідини, якщо в потоці штучним шляхом створити збурення, викликане коливаннями тиску чи швидкості потоку рідини.

Недолік недостатності швидкості потоку миючої рідини при цьому компенсується за рахунок створення коливань тиску в рідині, що сприяють більш інтенсивному руйнуванню зв'язків, що утримують частки забруднень на поверхні, що очищується.

Для турбулентного потоку рідини характерна наявність поперечних (стосовно основного напрямку руху) пульсаційних швидкостей рідини, що є наслідком турбулентного переносу кінцевих мас рідини.

Наявність у турбулентному потоці поперечних пульсаційних швидкостей рідини робить можливим перенос разом із масою рідини (у поперечному напрямку) твердих часток і підтримку їх у зваженому стані.

Поверхні деталей, що очищаються, можуть бути гладкими з точки зору гідравліки, тобто мають настільки малу шорсткість, що вона не впливає при визначених числах  $Re$  на величину втрат напору по довжині потоку. Мала шорсткість не може бути джерелом турбулізації прикордонного шару чи потоку рідини.

Способи одержання систем газ-рідина, пара-рідина у технологічних процесах відомі з багатьох літературних джерел. У хімічній технології широко використовується процес барботування для проведення хімічних реакцій. При реалізації такого способу газ продувається під тиском через спеціальні насадки в рідину і перемішує її. Такі процеси характеризуються значною витратою газової фази. Процес барботування знаходить широке застосування й у процесах промивання виробів.

Однак, розміри газових пухирців, одержуваних на установках лежать в межах від 0,002 м до 0,004 м. Для промивання дрібних деталей складної конфігурації необхідно одержувати пухирці розмірами не більше 0,001 м із метою влучення у важкодоступні місця.

Для створення газорідного потоку з такими параметрами запропоновано використовувати гідродинамічну кавітацію при зворотно - поступальному руху рідини через насадок із гострими крайками на вході та виході.

Результати досліджень газорідного потоку дозволяють говорити про використання його як інтенсифікатора процесу очищення з газовими пухирцям малих розмірів при невеликому газовмісті. Використання газорідного потоку дозволяє збільшити напруження тертя без збільшення швидкості й напору рідини, як це реалізується для інтенсифікації процесу очищення при використанні чистої миючої рідини.

Газові пухирці, що виникають при протіканні рідини через насадок із гострими крайками на вході мають розміри від 0,1 мм до 0,4 мм в діаметрі та вважаються твердими домішками тому, що тиск всередині газових пухирців перевищує тиск в рідині.

Режим руху рідини, під дією турбулентних пульсацій, сприяє підвищенню інтенсивності видалення розчинних забруднень із поверхні твердих тіл завдяки більшій величині імпульсів, що підводяться до поверхні забруднення.

Газорідна суміш, яка утворюється на очисному устаткуванні, завдяки наявності газових пухирців малих розмірів, руйнує граничний шар (в'язкий підшар), який існує на забрудненій поверхні в турбулентному потоці, тим самим збільшуючи інтенсивність

перенесення розчинюючої рідини до забруднення, що дозволяє збільшити інтенсивність видалення забруднень із твердої поверхні на тих же режимах роботи устаткування без збільшення енерговитрат.

Список використаних джерел:

1. Сілін Р. І. Вібраційне обладнання на основі гідропульсатора : монографія / Р. І. Сілін, А. І. Гордєєв. – Хмельницький : ХНУ, 2007. – 386 с.

2. Неймак В.С., Романець Т.П., Розробка пристрою для покращення експлуатаційних показників пральних машин. IX Ukrainian-Polish Scientific Dialogues: Conference Proceedings. International Scientific Conference, 20-23 October 2021, Khmelnytskyi (Ukraine). – Khmelnytskyi National University, 2021. – P.194-195.

УДК 688.3.072(06)

Новітні технології та виробництва в галузях промисловості

## **РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЕКСТРУДЕРА НА ОСНОВІ ШНЕКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА**

Ю. Ковальов, О. Манойленко, І. Суворов

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Виробництво різних видів виробів методом екструзії здійснюється шляхом підготовки розплаву в екструдері та надання екструдату тієї чи іншої форми за допомогою продавлювання через формуючі голівки відповідної конструкції з наступними охолодженням, калібруванням тощо.

Особливість екструзійної лінії в можливості невинної роботи. Загальна тривалість робочого часу на місяць становить 25...28 діб з урахуванням перерви на технічне обслуговування. Мінімальні простой у виробництві підвищують загальну рентабельність продукції.

Основні вимоги до керованих живильників та дозаторів для сипких матеріалів, що виконують функції автоматичних систем регулювання можуть бути зведені до наступних:

- мінімальна складність конструкції;
- відсутність (або мінімум) рухомих частин;
- герметичність;
- можливість плавного регулювання витрати у заданому діапазоні;
- лінійність статичних та динамічних характеристик «вхід-вихід».

Механічні живильники, тобто. такі, в яких для переміщення матеріалу використовується зусилля робочого органу, набули в промисловості найбільшого поширення, як для регулювання витрат, так і як пристрої дозування. Класифікувати механічні живильники за видом руху робочого органу не дуже зручно, бо у цьому випадку можна виділити тільки дві групи: з поступальним (поворотно-поступальним) та обертальним (поворотно-обертальним) рухом. З цієї класифікації слід виключити вібраційні живильники, в яких амплітуда зворотно-поступального переміщення робочого органу зневажливо мала порівняно з відстанню, що проходить матеріалом. Вібраційні методи управління потоками сипучих матеріалів мають низку специфічних особливостей та потребують окремого розгляду.

Як робочі органи в механічних живильниках з безперервним потоком сипучих матеріалів використовуються: нескінченна стрічка (гумова або полімерна смуга; ланцюг, шарнірно з'єднані пластини, металева сітка), лопатеве колесо, шнек (гвинт), скребки (ножі, плужкові скидачі), затвори, заслінки.

Актуальність дослідження обумовлена тим, що завантаження гранульованого полімерного матеріалу в робочий бункер екструдерів переважно здійснюється вручну з мішків виробничими операторами.

Ємність робочих бункерів екструдерів є обмеженою через те, що при значній висоті насипної маси матеріалу виникає збільшення статичного тиску в нижніх шарах, а це



призводить до утворення склепінь, нерівномірності подачі полімеру в матеріальний циліндр і погіршення якості виробів. Оскільки робочий процес екструзії є безперервним і триває цілу робочу зміну існує необхідність постійного контролю за рівнем наповнення робочих бункерів екструдерів.

Головні причини, що спонукають до необхідності удосконалення системи завантаження екструдера полягають в наступному:

- процес екструзії є практично безперервним (протягом робочого часу обладнання);
- ємність бункера екструдера обмежена по причині виникнення високого тиску в насипному шарі полімерного сипкого матеріалу, що призводить до утворення склепінь, затримок витоку гранул і до пульсацій в роботі екструдера;
- як правило виникає необхідність періодично обслуговувати кілька екструдерів, які працюють в одному цеху, що потребує від оператора підвищеної уваги.

З метою удосконалення системи завантаження екструдера запропоновано використовувати один бункер великої ємності, який оснащений шнековим живильником для періодичного поповнення рівня матеріалу в одному або кількох малих (робочих) бункерів екструдера (групи машин). Для можливості автоматичної роботи системи завантаження пропонується оснащення робочих бункерів датчиками рівня насипного полімерного матеріалу.

На рисунку 1 представлено комбіновану схему удосконаленої системи завантаження екструдера.

Система завантаження складається з екструдера 1, робочого бункера екструдера 2, шнекового живильника 3 з електроприводом 4, великого бункера 5. В бункері 2 встановлені датчики – нижнього рівня матеріалу D3 і верхнього рівня - D2. В великому бункері встановлено тільки датчик нижнього рівні сипкого матеріалу D1, бо верхній рівень оператор може контролювати візуально при наповненні його матеріалом з мішків.

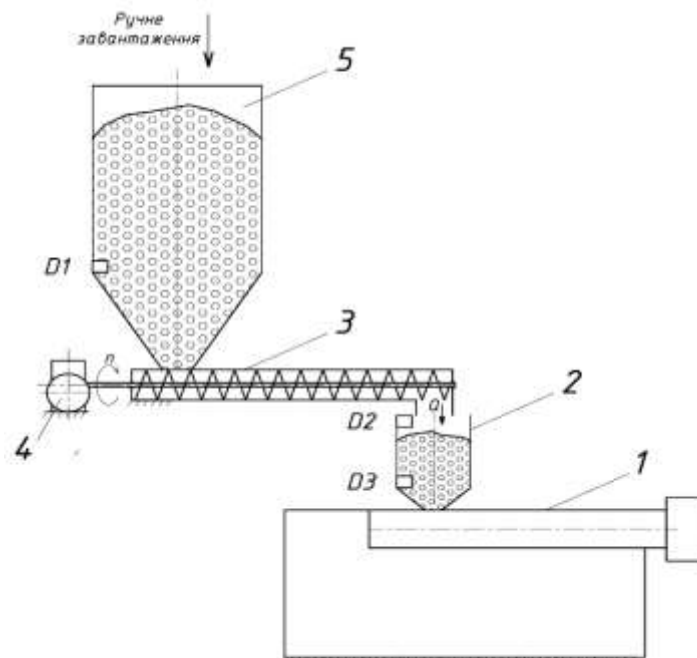


Рисунок 1 - Схема кінематична системи завантаження екструдера:

- 1 – екструдер; 2 – бункер екструдера; 3 – шнековий живильник;  
4 – електропривод шнекового живильника; 5 – бункер великий; D1 – оптичний датчик нижнього рівня великого бункера; D2 - оптичний датчик верхнього рівня бункера екструдера; D3 - оптичний датчик нижнього рівня бункера екструдера; n – частота обертання шнеку живильника; Q – об'єм продуктивності живильника

Шнек живильника 3 приводиться до обертання за допомогою приводу 4, що як правило складається з асинхронного електродвигуна і черв'ячного редуктора. Його частота обертання  $n$  може бути змінною при умові використання для живлення електродвигуна частотного перетворювача з векторним керуванням від мікроконтролера.

УДК 621.7

Новітні технології та засоби виробництва в галузях промисловості

### **МЕТОД РЕМОНТУВАННЯ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА**

С. Борисов

*Технічний університет «Метінвест політехніка»*

Привід обертання кисневого конвертера складається з наступних елементів [1] (рис. 1): конвертер опирається на опорне кільце (поз. 9), яке обертається на підшипникових опорах (поз.8,10). На валу опорного кільця насаджено спец-редуктор (поз. 1), зубчасте колесо якого (поз. 7) приводиться у рух за рахунок обертання 6-ти шестерень, що знаходяться в корпусі спец-редуктора, які в свою чергу обертаються від 6-ти електродвигунів (поз. 5), через 6-ть 3-х ступеневих редуктора (поз.4).

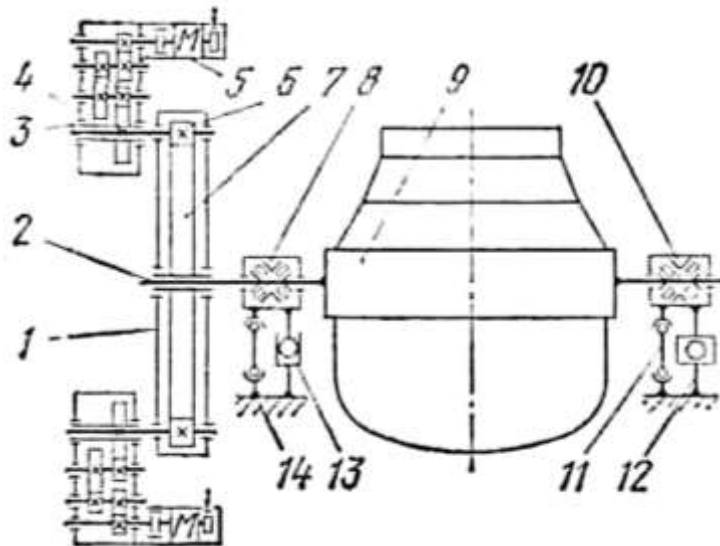


Рисунок 1 – Привід обертання кисневого конвертера

Для заміни підшипника конвертера (поз.8) з приводної сторони під час капремонту необхідно демонтувати зубчасте колесо (поз. 7), яке напресоване конусною посадкою на вал опорного кільця (поз.9). Для демонтажу/монтажу зубчастого колеса існує гідравлічна шайба яка нагвинчується на ступицю зубчастого колеса та упираючись в вал опорного кільця стягує зубчасте колесо. Під час демонтажу різьба на ступиці зубчастого колеса вийшла з ладу, демонтувати зубчасте колесо іншими способами не вдалось (через габарити зубчастого колеса – вага 27т, зовнішній діаметр 4,5м, довжина ступиці 2м), тому було прийнято рішення зробити розріз ступиці зубчастого колеса вздовж вісі шпоночного пазу.

Після виконання розрізу (приблизно 85% довжини) та демонтажу зубчастого колеса приступили до його ремонту. В першу чергу розробили технологію контролю та фіксації геометричних параметрів. Після виконання замірів пересвідчились, що ступиця зберегла проектні посадкові розміри за зафіксували ступицю в цьому положенні за допомогою розпорок та фіксаторів з листа товщиною 50мм.

Після монтажу фіксаторів та розпорок, розроблено технологію зварювання. Було обрано двосторонню U-образну відбортовку кромки зварювального шву, марку електродів обрано такою ж, яка використовувалась при виготовленні зубчастого колеса, та виконали зварювання методом ручного дугового зварювання.

Після завершення зварювальних робіт виконали зачистку зварювального шву, та виконали контроль геометричних параметрів ступиці, всі посадкові розміри були в межах допуску, окрім шпоночного пазу, ширина була меншою від проектного, тому було прийнято рішення виконати шліфування шпоночного пазу до проектного розміру.

Для запобігання зменшення шпоночного пазу пропонується перед зварюванням встановити у шпоночний паз металеві розпорки ширина яких буде дорівнювати верхній межі допуску шпоночного пазу, що не дозволить шпоночному пазу вийти за межі допуску. Встановлювати розпорки у шпоночний паз з інтервалом, який дозволить зварювальнику виконати зварювання між розпорками ( рис. 2).

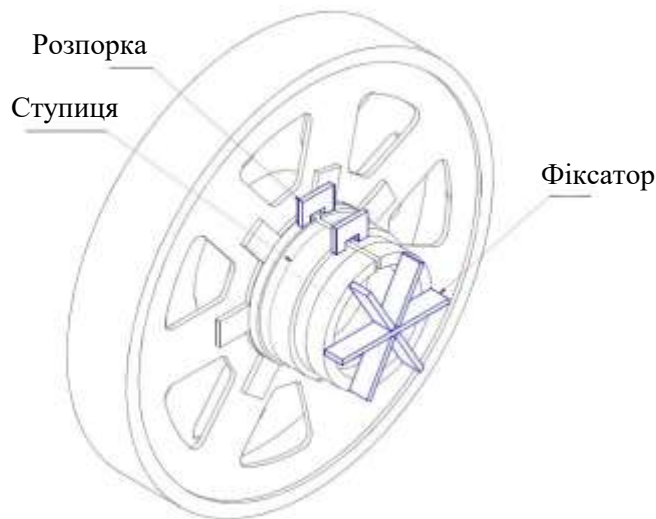


Рисунок 2 – Модель зубчатого колеса

Висновок: при достатньому рівні організації та планування, не маючи спеціального обладнання можливо виконати ремонт навіть великогабаритних вузлів та деталей.

Список використаних джерел

1. Целіков О.І. Машини та агрегати металургійних заводів. т. II / О.І. Целіков, П.І. Полухін. – М.: Металургія, 1988. – 432 с.

УДК 7822

Новітні технології та виробництва в галузях промисловості

**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОЛІМЕРНОГО ПОКРИТТЯ  
НА РОБОЧІ РУКАВИЦІ**

В. Стрельський, С. Смутко

*Хмельницький національний університет*

Сьогодні люди активно використовують різні прогумовані рукавички в побуті під час виконання різних робіт. Раніше рукавички не були поширені і використовувалися тільки в побуті, а у виробничих процесах їх використовували рідше через їх невелику кількість. З появою нових систем і автоматизацією процесу виробництва робочі рукавички почали активно входити в наше життя. У зв'язку з цим було прийнято рішення про розробку конструкції для нанесення пластикату на рукавиці трафаретним способом.

В результаті аналізу вдомих конструкцій було виявлено що є моменти які можна покращити.

Насамперед потрібно розповісти про те що є дві варіації приладу для нанесення пластикату на виріб, а саме; установка яка являє собою конструкцію прямокутної форми конвеєрного типу з ланцюговою передачею моменту, джерелом руху є двигун який рухає конвеєр. Сама ж конвекція відбувається в окремій частині машини, відведений під конвекційну сушку яка займає половину самої установки, але дозволяє забезпечити гарне просушування пластику що зменшує брак. Друга конструкція являє собою довгий конвеєр зміїного типу де шеренгою по одній рукавиці виріб рухається за процесом що дозволяє забезпечити велику продуктивність.

Потрібно зазначити мінуси даних конструкцій. До найважливіших мінусів потрібно віднести громіздкість даних конструкцій що одна що інша не дозволяють розмістити установку у невеликому приміщенні, а де можна це зробити там є неможливою комфортна робота одного або декількох працівників. Також важливим аспектом та недоліком обох конструкцій є те що їх досить не зручно транспортувати через їх габарити та важкий процес розбирання.

Конструювання було розпочато з оптимального розташування конвекційного простору. Зважаючи на мінуси конвекційної сушки, які були зазначені раніше, прийнято рішення розмістити її у самому конвеєрі. У процесі переміщенні рукавиць по конвеєру, після їх занурення у пластикат та прийняття вертикального положення вони переміщуються у конвекційну зону яка займає набагато менше місця та дозволяє якісно просушити виріб. Таке розташування функціональних елементів конструкції дозволило значно зменшити габарити та доволі її спростити.

Наступним кроком розробки є досягнення повної модульності машини. Ці модулі легко перевозити та збирати у малих приміщеннях, що на порядок збільшило її мобільність. Також ця конструкція характеризується такими перевагами, як висока продуктивність та простота використання що забезпечені конструкцією конвеєрного типу. Крім того, перспективність трафаретного гумового покриття рукавичок визначається його широкими технологічними можливостями. Детальніше з конструкцією можна знайомитись на рис. 1.

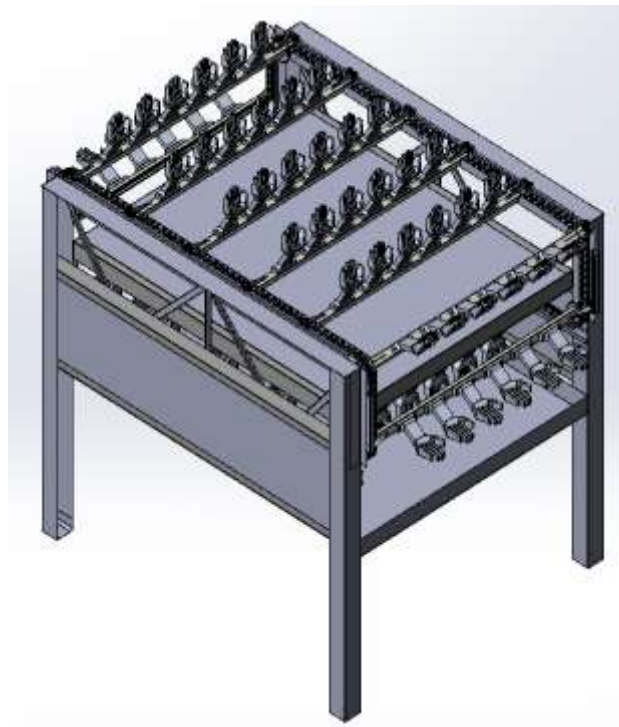


Рисунок 1 - Модель машини для нанесення пластикату на рукавиці.

Асортимент обладнання для виготовлення прогумованих рукавичок досить широкий хоч і має свої недоліки. Було проведено огляд і знайдено основні недоліки виправлення яких б дозволи пришвидшити та покращити процес виготовлення. Приведено варіанти усунення цих недоліків та можливі конструктивні рішення.

УДК 004.42 Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

## **ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ PLANNINGEXPERIMENT**

Ю. Михайловський, Е. Золотенко  
*Хмельницький національний університет*

У будь-якому експерименті середні значення спостережуваних величин змінюються у зв'язку зі зміною основних факторів (якісних та кількісних), що визначають умови досліду, а також випадкових факторів. Дослідження впливу тих чи інших факторів на мінливість середніх є завданням дисперсійного аналізу.

Щоб вирішити, чи значимий вплив цього фактора, необхідно оцінити значимість відповідної вибіркової дисперсії в порівнянні з дисперсією відтворюваності, обумовленої випадковими факторами. Перевірка значущості оцінок дисперсій проводиться за критерієм Фішера. Якщо розраховане значення критерію Фішера виявиться менше табличного, то вплив розглянутого фактора немає підстав вважати значущим. В іншому випадку розглянутий фактор впливає на мінливість середніх. Надалі будемо вважати, що виконуються такі припущення:

- 1) випадкові помилки спостережень мають нормальний розподіл;
- 2) фактори впливають тільки на зміну середніх значень, а дисперсія спостережень залишається постійною; експерименти рівно точні.

Вимога нормального розподілу визначає вибір основних факторів при дослідженні процесу методом дисперсійного аналізу. Якщо потрібно одержати нормальний розподіл вихідної величини, до випадкових бажано відносити тільки ті фактори, вплив яких на вихідну величину дуже малий. Виняток можна робити лише для тих чинників, які самі по собі дають нормальний розподіл результатів.

Фактори, що розглядаються в дисперсійному аналізі, бувають двох видів: з випадковими рівнями та з фіксованими. У першому випадку передбачається, що вибір рівнів проводиться із нескінченної сукупності можливих рівнів та супроводжується рандомізацією. При цьому результати експерименту мають більше значення, оскільки висновки по експерименту можна поширити на всю генеральну сукупність. Якщо всі рівні вибираються випадковим чином, то математична модель експерименту називається моделлю із випадковими рівнями факторів (випадкова модель). Коли всі рівні фіксовані, модель називається моделлю з фіксованими рівнями факторів. Коли частина факторів розглядається на фіксованих рівнях, а рівні інших вибираються випадковим чином, модель називається моделлю змішаного типу.

Знайти оптимум можна за допомогою програми PlanningExperiment.

Після установки для запуску програми використовується пакетний файл або командний рядок (табл. 1). Нижче описані можливі варіанти для операційної системи Windows. Для Linux/unix пакетні файли мають розширення \*.sh замість \*.bat, а в командний рядок замість роздільника ";" потрібно використовувати роздільник ":"

Параметри вказані в кутових дужках "<...>" є обов'язковими, а параметри вказані в квадратних дужках "[...]" є необов'язковими.

Таблиця 1 – Варіанти запуску програмних комплексів

Опис	Пакетний файл / Командний рядок
Графічний інтерфейс планування експерименту	PlanningExperimentGUI.bat java -cp .;OptimizationModel.jar PlanningExperiment
Консольний запуск планування експерименту з відкриттям файлу експериментальних даних	PlanningExperiment.bat <FileName> java -cp .;OptimizationModel.jar PlanningExperimentSolver <FileName>

Якщо при запуску програми виникає помилка, пов'язана з браком пам'яті, необхідно змінити значення параметра `-Xmx1000m`, який визначає доступний розмір оперативної пам'яті для віртуальної машини Java.

Запускаємо файл `PlanningExperimentGUI` (табл. 1) та вводимо інтервали вхідних параметрів (рис. 1):

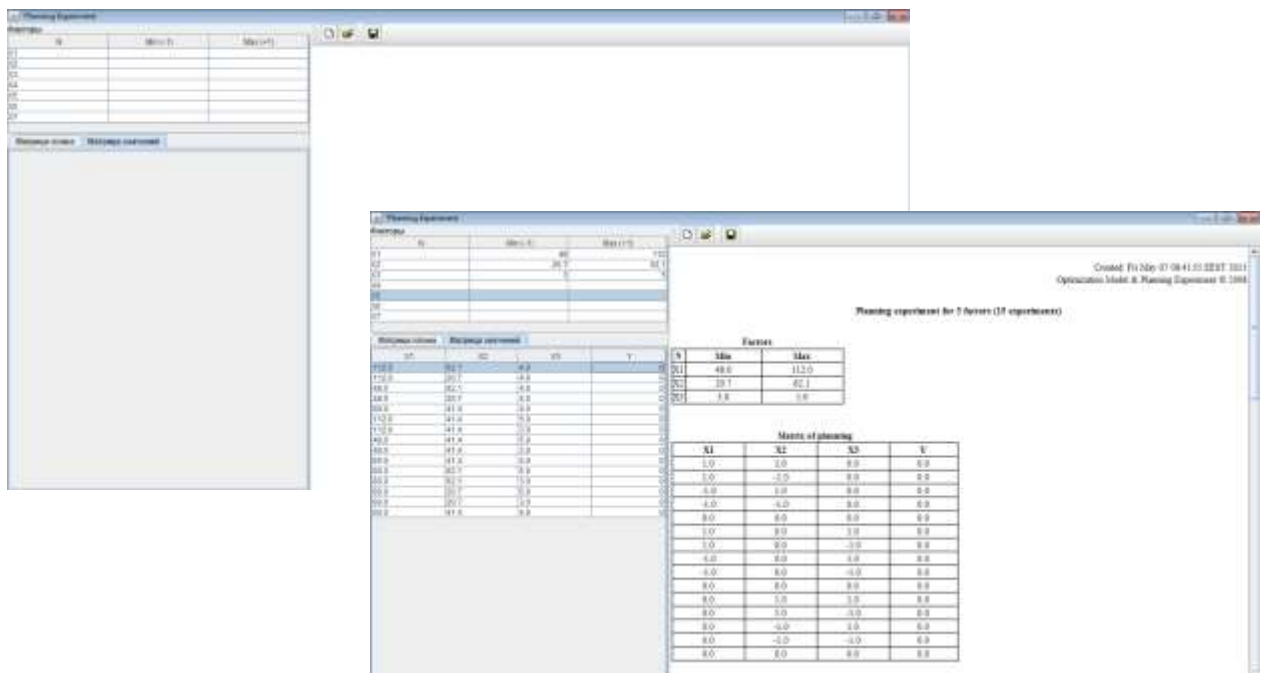


Рисунок 1 - Графічний інтерфейс програмного комплексу `PlanningExperimentGUI`

За допомогою калькулятора (або будь-якого математичного редактора) проводимо розрахунок нашої математичної моделі, підставивши числа із матриці значень. Результат записуємо в стовпчик `Y`.

Зберігаємо файл з розширенням `.java`. Також файл можна зберігати в інших форматах (`*.txt`, `*.html`, `*.pe`).

Із файлом з розширенням `*.java` виконуємо такий ряд операцій `OptimizationModel`, а саме:

- компілюємо: для Windows: `javac -cp .;%CLASSPATH%; OptimizationModel.jar test_001`. При успішній компіляції буде створено файл з тим же ім'ям `test_001.*` і з розширенням `*.class` (`test_001.class`).
- запускаємо на виконання: `java -cp .;OptimizationModel.jar OptimizationModelSolver [aaqm aam gzm] <FileName>`
- зберігаємо розрахунок у файл з розширенням `.res`: `java -Xmx1000m -cp .;%CLASSPATH%;OptimizationModel.jar OptimizationModelSolver test_om_001.class >`

test\_om\_001.res

Порівнюємо отримані результати оптимума  $Y$  у файлах \*.res OptimizationModel та PlanningExperiment.

Отже, за допомогою програмного комплексу PlanningExperiment, можна провести планування експерименту. Результат, на основі одержаного рівняння регресії по трьом методикам, зберегти у текстовому файлі. Представити результат можна у вигляді текстового файлу, що містить початкові дані, розрахунок та кінцевий результат по трьом методикам пошуку оптимума.

УДК 681.5 Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

## **СПОСОБИ ДІАГНОСТИКИ СТУПЕНЯ ЗНОШУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ ПРИВОДНИХ СИСТЕМ**

Є. Лактіонов

*Метінвест політехніка*

В сучасному світі де переважає велико масштабне виробництво, зупинка і простій процесу виробництва, через пошкодження підшипника є недопустимим. Тому на даний момент ринок вібродіагностичних пристроїв є досить великим. Для підвищення надійності та безпеки машин і механізмів, а також зниження витрат на їх експлуатацію, широке поширення отримують системи моніторингу стану та діагностики. Моніторинг стану представляє стеження за параметрами робочих процесів в межах допусків (норм), встановлених виробником машин або експлуатуючою організацією. Системи моніторингу стану пов'язані з сигналізацією і захистом при виході параметрів за встановлені межі. Системи моніторингу стану можуть передбачати постійний (в масштабі реального часу) або періодичний контроль параметрів. Діагностика призначена для проведення технічного обслуговування або ремонту по фактичному технічному стану на основі поглибленого контролю з використанням даних моніторингу. Системи моніторингу та діагностики використовують або у вигляді єдиних систем, або у вигляді двох підсистем. Системи моніторингу стану та діагностики передбачають прогноз стану, що дозволяє з одного боку запобігати раптові відмови в експлуатації, з іншого - планувати технічне обслуговування або ремонт.

Метод ПІК-фактора.

Якщо встановити акселерометр поблизу зовнішнього кільця справного, добре змазаного підшипника й подивитися на отриманий сигнал на осцилографі, ми побачимо стаціонарний двох полярний сигнал шумового характеру, симетричний щодо тимчасової осі. За допомогою простого віброметра можна вимірювати два параметри вібросигналу: - середньоквадратичне значення рівня (СКЗ) вібрації, тобто енергію вібрації; - пікову амплітуду (ПІК) вібрації (позитивний, негативний або повний розмах).

Метод прямого спектру.

Повернемося до вібраційних сигналів, що показані на рисунку 1. Ті ж самі сигнали можна проаналізувати не тільки з погляду співвідношення амплітудних і енергетичних характеристик, але й з погляду періодичності появи амплітудних сплесків. Саме на цьому й базується метод прямого спектра. Вібраційний сигнал аналізується вузькосмуговим спектроаналізатором і по частотному складі спектра можна ідентифікувати виникнення й розвиток дефектів підшипників кочення.

Метод спектру обвідної.

Звернемо увагу на те, що високочастотна, шумова частина сигналу змінює свою амплітуду в часі, тобто вона модулюється якимсь більш низькочастотним сигналом. Виявляється, що саме в цьому модулюючому сигналі утримується й інформація про стан

підшипника. Виділення й оброблення цієї інформації й становлять основу цього методу . Експериментально було встановлено, що найкращі результати цей метод дає в тому випадку, якщо аналізувати модуляцію не широкосмугового сигналу, що отримується від акселерометра, а попередньо здійснити смугову фільтрацію вібросигналу в діапазоні приблизно 6...10 кГц і аналізувати модуляцію цього сигналу. Для цього відфільтрований сигнал детектується, тобто виділяється модулюючий сигнал (або ще його називають „обвідна сигналу“), що подається на вузькосмуговий спектроаналізатор і ми отримуємо спектр модулюючого сигналу, або спектр обвідної . Що в свою чергу дало назву цьому методу.



Рисунок 1 - Характеристика коливань процесів

Метод ударних імпульсів.

Співударяння дефектів підшипника викликає виникнення високочастотних, швидко згасаючих коливань, що поширюються від підшипника по буксовому вузлі вагона у вигляді хвиль стиску/розтягання, аналогічно тому, як поширюється звук у повітрі. Висновок: використання запропонованої системи підвищує ефективність використання площі, що в свою чергу здешевлює установку за рахунок зменшення кількості труб на колекторі та значно збільшує сезонний діапазон використання.

Висновок: важливою задачею є вибір діагностичного параметра, який є найбільш чутливим до зміни стану об'єкта та визначає високу достовірність контролю. В якості досліджуваних обрані найбільш чутливі до зміни стану підшипника кочення коефіцієнти ексцесу та асиметрії.

УДК 621.891:004.94

Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

## ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЗНОШУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ В УМОВАХ ПЕРЕКОСУ ОСЕЙ ВАЛА І ВТУЛКИ

Ю. Соколан, К. Соколан, В. Ткачук  
Хмельницький національний університет

Моделювання процесів зношування є важливим етапом при проектуванні механізмів. Такі віртуальні дослідження дозволяють спрогнозувати ресурс роботи вузлів та машини в цілому. Деталі вимагають високих вимог до точності виготовлення та складання,



проте в межах полів допусків все ж таки допускаються похибки взаємного розташування, що в свою чергу може суттєво вплинути на ресурс роботи механізму.

Під час експлуатації машин найбільшому зношуванню піддаються обертові та рухомі деталі, зокрема вали, втулки, тому аналіз прогнозування їх ресурсу є важливою задачею. До цих деталей ставляться високі вимоги щодо точності виготовлення та складання, але в межах допусків полів все ж таки допускаються похибки взаємного розташування, що в свою чергу може суттєво вплинути на термін служби механізму. Тому задача моделювання процесу зносу вала і втулки в умовах взаємного перекосу осей є актуальною, оскільки подібні пари ковзання існують майже у всіх машинах.

Візуалізація повторюваних циклічних навантажень у графічному форматі характеризується відтвореністю великих масивів числових даних, приведених до уніфікованого вигляду. Якщо розглядати інформацію, представлену у вигляді багатовимірних матриць зі статистичними даними, то рівень сприйняття такої інформації значно нижчий, ніж у візуальному вигляді.

Створення багатовимірних матриць даних є обов'язковим етапом проведення моделювання процесів для подальшого аналізу. Статичні матриці описують процеси, що базуються на фундаментальних законах, тоді як динамічні матриці включають всі ітераційні процеси. При вивченні фізичних процесів (особливо ітераційних) бувають випадки, коли відповідні дані не можуть бути повністю відображені тривимірним графіком, розділеним кольоровим спектром, оскільки неможливо продемонструвати динамічний процес зміни параметрів від часу за допомогою статичного зображення. У таких випадках доцільно використовувати анімаційні види представлення даних, які дозволяють наочно відобразити зміну стану зображених на тривимірному графіку процесів у часі.

Для вирішення поставленої задачі було розроблено модуль розрахунку зносу вузла тертя. Першим кроком роботи модуля є ініціалізація та створення графічної моделі на основі отриманих даних. Створена геометрична модель розбивається на скінченні елементи, після чого створюється контактна пара і задаються обмеження по свободі і величині навантажень вузла тертя. Після відповідного розрахунку побудована геометрична модель руйнується і процес повторюється знову на задану користувачем кількість ітерацій.

Базовий інтерфейс розробленого програмного продукту наведено на рис. 1.

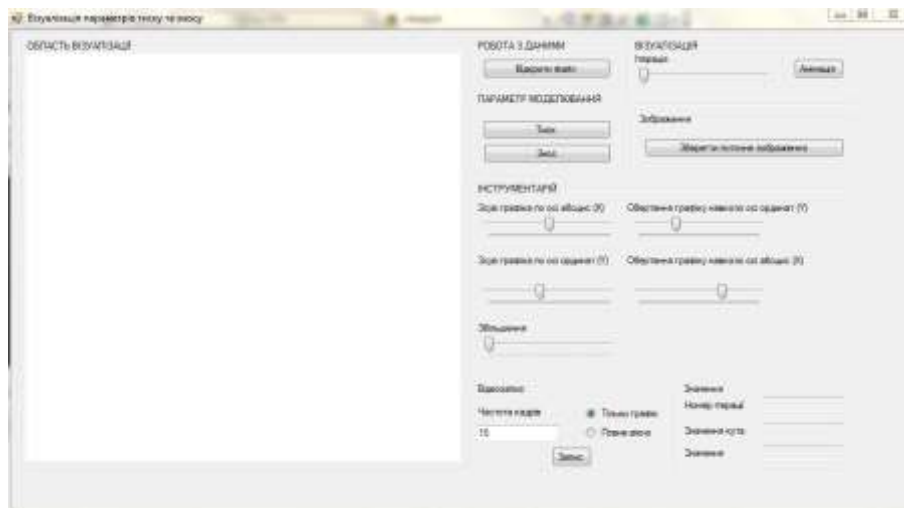


Рисунок 1 - Базовий інтерфейс програми

З метою підвищення рівня сприйняття інформації, зображеної на графіку, в модулі реалізовано відповідний інструментарій. Інструментарій дозволяє здійснювати зсув та поворот графіка навколо осей абсцис та ординат, масштабування та покрокову побудову графіка. Така покрокова побудова дозволяє виділити моменти переходу від нормальних умов роботи вузла до критичних умов зношування.

В результаті роботи програма будує графіки змодельованих умов роботи деталі. До прикладу, на рис. 3 наведено графіки залежності тиску від часу за умови стрімкого початкового значення тиску (рис. 2, а), згладжена залежність тиску від часу при дослідженні процесу зношування вала та втулки за умови взаємного перекосу їх осей (рис. 2, б), а також випадки стрибкоподібного зростання тиску в критичній ситуації у вигляді пікової динаміки зміни елементів пари тертя (рис. 2, в) та лінійна залежність процесу зношування елементів пари тертя в залежності від часу напрацювання механізму (рис. 2, г).

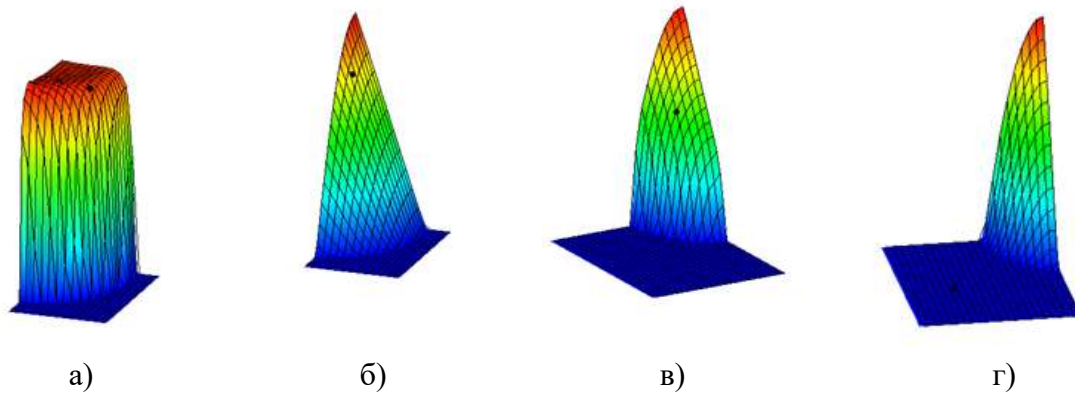


Рисунок 2 - Приклади побудови моделей зносу вала і втулки

Для кращого сприйняття інформації та подальшого аналізу критичних ділянок вузлового стану в модулі реалізовано масштабування осей абсцис та ординат, а також поворот графіка відносно своєї осі. Крім того, в програмі реалізовано вибірку певного значення з багатовимірної матриці вхідних даних. При необхідності представлення динамічної інформації в умовах відсутності модуля, в ньому передбачена можливість запису відеофайлів. Програма також дозволяє зберігати поточне зображення, яке знаходиться в області візуалізації.

Висновок: Розроблена система дозволяє візуалізувати різні випадки часових змін параметрів тиску та зносу, процесів зношування елементів тертя, що дозволяє враховувати взаємний вплив зносу та зміни умов функціонування в процесі експлуатації. Крім того, використання такої системи експертом у відповідній предметній області, в якій виникає необхідність обробки багатовимірних матриць, призводить до оперативного визначення критичних ситуацій в роботі механізму.

Список використаних джерел:

1. Сорокатиї Р.В. Метод трибоелементів. Монографія. / Р. В. Сорокатиї. - Хмельницький: ХНУ, 2009. - 242 с.
2. Іу. Sokolan, V. Mylko, V. Tkachuk, K. Sokolan. Project conception of CAE-system for wear analysis of friction bearing under conditions of shaft and liner axis misalignment // Вісник ХНУ. Технічні науки. - №5 (313). - 2022. - с. 82-89

УДК 662.997 Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

## ЕЛЕКТРОПРИВІД З АДАПТИВНОЮ СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ

Б. Максименко, С. Горященко  
Хмельницький національний університет

Одним із нових напрямків побудови адаптивних регуляторів є використання в них цифрової моделі об'єкта, параметри якої визначаються за допомогою блоку ідентифікації. За поточними оцінками цих параметрів проводиться розрахунок налаштувань типових ПІ

або ПІД-регуляторів або розрахунок коефіцієнтів регулятора стану. Як алгоритм ідентифікації найбільшого поширення набув рекурентний метод найменших квадратів (РМНК).

У реальних системах не завжди надається можливість заздалегідь передбачити зовнішні впливи, тому сучасні системи управління вимагають дедалі нові підходи. Так відома ідея використання частотного поділу каналів керування та самоналаштування. Вони поділ каналів здійснювалося шляхом включення виборчого фільтра в контур адаптації. Метою самоналаштування було забезпечення сталості добутку коефіцієнтів посилення пропорційного регулятора та об'єкта управління.

У структурі САУ, що розробляється, можна виділити чотири основні частини:

1. ПІ-регулятор;
2. ЗФ1, ЗФ2 – згладжуючі фільтри;
3. ОУ – об'єкт управління;
4. КСН - контур самоналаштування;

Г1, Г2 - цифрові генератори синусоподібних коливань.

Узагальнена структурна схема адаптивного управління об'єктом представлена на рисунку1.

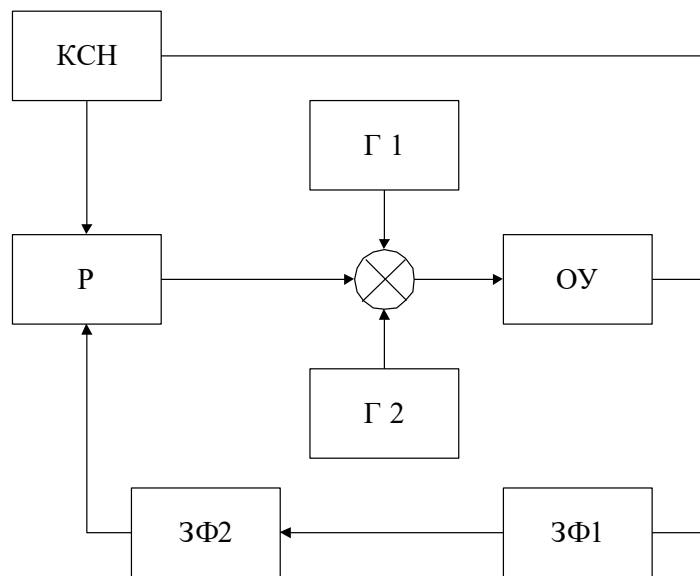


Рисунок 1 - Узагальнена структурна схема адаптивного управління об'єктом

Розглянемо контур керування системи. До нього входять:

- об'єкт керування;
- згладжуючі фільтри;
- ПІ – регулятор.

ПІ – регулятор має наступну передатну функцію:

$$W_p(Z) = K_p \cdot \frac{(d_0 + d_1 Z^{-1})}{1 - Z^{-1}}, \quad (1)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт посилення;  $d_0, d_1$  – коефіцієнти:  $d_0 = -2/T_i$ ;  $d_1 = -1$ ;  $T_i$  – нормоване значення постійного часу інтегрування:  $T_i = T_0/T_k$ ;  $T_0$  – реальне значення постійного часу інтегрування;  $T_k$  – стала часу;  $Z$  – величина керуючого сигналу.

Якщо мінімізувати відхилення регульованої величини в середньому на досить великому інтервалі часу, то критерієм оптимальності зазвичай вибирається вимога мінімуму дисперсії або середнього квадратичного відхилення керованої величини. Обчислення спектра еквівалентного обурення  $G_\varepsilon(\omega)$  та дисперсії помилки регулювання  $\sigma_\varepsilon^2$  та здійснюється за формулами :

$$\left. \begin{aligned} G_{\varepsilon}(\omega) &= |\Phi_{-\lambda}(j\omega)|^2 G_{\lambda}(\omega) \\ \sigma_{\varepsilon}^2 &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |\Phi_{-\lambda}(j\omega)|^2 G_{\lambda}(\omega) d\omega \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де-  $\Phi_{-\lambda}(j\omega)$  - комплексна частотна характеристика системи регулювання;  $G_{\lambda}(\omega)$  - спектр обурень, щодо якого оптимізується налаштування;  $\omega$  - частота об'єкту.

При оптимізації налаштування замкнутих систем виникають дві важливі особливості:

1. Обчислення дисперсії помилки регулювання має здійснюватися з урахуванням дії збурень, як доступних, і недоступних контролю, навіщо доводиться оперувати з еквівалентним розрахунковим обуренням;

2. Мінімум дисперсії відхилення регульованої величини повинен визначатися при обмеженні на величину показника коливання системи:

Ключовою в процесі адаптації є завдання оцінки моделі об'єкта, яка може вирішуватися шляхом постановки спеціального активного експерименту, або шляхом простого спостереження за вхідними і вихідними сигналами об'єкта в процесі його нормального функціонування (пасивний експеримент). Однак, як правило, пасивне спостереження за поведінкою об'єкта успіху не призводить. Таким чином, під час ідентифікації об'єктів управління слід орієнтуватися на активний експеримент

Таким чином, запропонована адаптивна система забезпечує постійне оптимальне підстроювання регулятора при зміні параметрів об'єкта управління в процесі нормальної експлуатації, використовуючи дуже просту математичну модель, має високу швидкодію і перешкода.

Список використаних джерел

1. Design of Adaptive Controller using Object Position for Bilateral Control System with Communication Delay/ Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, Satoshi Komada// IEEJ Journal of Industry Applications, 2020, 9/2, p. 149-158.
2. Synthesis algorithms for adaptive-modal control systems for technological objects with delays/ Jasur Sevinov, Oqila Boeva// AIP Conference Proceedings 2647, 030007 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0104891>

УДК 662.997 Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

## ЕЛЕКТРОДВИГУН БЕЗРЕДУКТОРНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕМІЩЕННЯ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

К. Фурман, С. Горященко

*Хмельницький національний університет*

Поширені потреби у суспільному розвитку вимагають безперервного вдосконалення засобів внутрішнього транспорту будинків та споруд з урахуванням сучасних науково-технічних досягнень.

Сучасний розвиток приводної техніки спрямовано спрощення чи виключення механічних передавальних пристроїв. Ще минулого століття намітився перехід до безредукторного приводу завдяки інтенсивному розвитку перетворювальної та мікропроцесорної техніки.

Основу механізму підйому сучасного ліфта становить канатна система передачі руху кабіні, противаги та електроприводу.

До електроприводів підйомних механізмів пред'являються специфічні вимоги: регулювання швидкості чотирьох квадрантах; забезпечення управління гальмом; контроль наявності фаз двигуна; контроль наявності фаз напруги живлення; подолання провалів напруги живлення; евакуація пасажирів при відключенні основної напруги живлення;

плавний пуск/зупинка; забезпечення точності зупинки кабіни.

Найбільшого поширення в нашій країні та за її межами набули електричні ліфти з канатними лебідками різного конструктивного виконання.

Найбільш широко використовується типом електроприводу в даний час є асинхронний двигун (зазвичай двошвидкісний) з редукторною передачею (черв'ячної). Такі типи приводів встановлювалися ще у 60-х роках ХХ століття та вимагають не просто модернізації, а повної заміни існуючого електроприводу.

Лебідки із застосуванням редуктора мають такі недоліки:

- додаткові витрати на купівлю, встановлення та обслуговування редуктора;
- через установку редуктора необхідно завищувати потужність двигуна, що купується і встановлюється;
- досить швидко зношування гальмівної системи внаслідок використання гальма для динамічного гальмування.

Подібні лебідки все ще виробляються, але кількість з кожним роком зменшується.

Порівняно недавнім винаходом компанії OTIS (Otis Elevator Co.) є розробка безредукторного електроприводу ліфтової лебідки з використанням синхронного електродвигуна на постійних магнітах.

У порівнянні з традиційними редукторними системами, даний привід має ряд переваг:

- безредукторна лебідка із синхронним електродвигуном вимагає менше за розмірами машинного приміщення;
- відмова від редуктора дозволяє на 50% знизити втрати на тертя, підвищуючи в цілому коефіцієнт корисної дії та знижуючи тепловиділення, що дозволяє економити до 20% споживаної електроенергії;
- безредукторні лебідки не потребують мастила, що виключає забруднення машинного приміщення та шахти мастилами;
- відмова від редуктора значно знижує рівень шуму та вібрацій;
- система частотного регулювання приводу лебідки робить процес прискорення та гальмування ідеально плавним.

Поряд з перевагами, у цих лебідок є і свій недолік:

- при експлуатації лебідок із синхронним електродвигуном в умовах підвищених температур, лебідка втрачає свою працездатність.

Розроблена модель синхронного двигуна на постійних магнітах показана на рисунку 1 та проведені відповідні розрахунки.

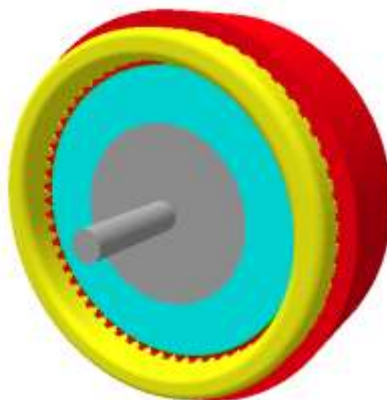


Рисунок 1 - Розроблена модель синхронного електродвигуна на постійних магнітах

Проведене моделювання двигуна та визначені його характеристики, а саме: момент, що створює двигун з залежності від швидкості, приведеного на рисунку 2.



Рисунок 2 - Графік зміни моменту від швидкості

Отримані дані двигуна показують, що його тягова характеристика достатня для використання його у безредукторних приводах, які можуть використатись на підприємствах легкої промисловості.

Список використаних джерел

1. Стецюк В. І. Підвищення ефективності роботи ліфтових перетворювачів частоти шляхом введення сигналу зворотного зв'язку / В. І. Стецюк, В. А. Нікітов // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький, 2017. – № 6. – С. 162-170.
2. ДСТУ EN 81-1:2003. Норми безпеки до конструкції та експлуатації ліфтів. Частина 1. Ліфти електричні.

УДК 621 Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

### ВЕРСТАТИ З ЧПК. ПРОЦЕС CAD-CAM-CNC. ВХОДЖЕННЯ СТУДЕНТА В ГАЛУЗЬ ЯК ПОТЕНЦІЙНОГО ІНЖЕНЕРА

А. Стречен, М. Середюк, В. Пуць  
Луцький національний технічний університет

Сьогодення потребує кваліфікованих, зацікавлених молодих спеціалістів широкого спектру. Сучасні технології металообробки дозволяють виконувати деталі з неймовірною точністю. Тому для майбутнього спеціаліста є особливо важливим фактор максимально повного розуміння процесів проектування та виготовлення. За великої потреби у кваліфікованій молоді, повинні існувати гайдлайни для входження в професію та індустрію.

Верстати з ЧПК (числове програмне керування, англ. Computer numerical control CNC) – на відміну від верстатів з ручним керуванням, у верстатах з ЧПК переміщення, подача, швидкість різання, інші параметри та дії виконуються автоматично згідно програми, що мінімізує людський фактор, підвищує точність та швидкість виконання операцій.

На верстатах з ЧПК чистота поверхні, точність розмірів, форма оброблюваної деталі, насамперед, забезпечується якістю мікропроцесора, жорсткістю та точністю верстата. Системи з ЧПК дозволяють забезпечити точність переміщення виконавчих органів кроком менше 1мкм.

Для програмування такої “машини” найчастіше використовують мову для матеріалорізального устаткування “*G-code*”, що описана в документі ISO 6983 Міжнародної організації зі стандартизації. Процес створення програми і виготовлення деталі складається із трьох основних кроків *CAD-CAM-CNC*.

CAD (Computer-aided design) – це автоматизована система, яка дає змогу реалізувати інформаційну технологію автоматизованого виконання проєктування, результатом чого є комплект проєктно-конструкторської документації, комплекс 3-D моделей, готових для подальшої реалізації у CAM системах. Реалізується на базі спеціального програмного забезпечення (Solidworks, Solid Edge, Siemens NX CAD, Fusion 360, AutoCAD та інших) (рис.1).

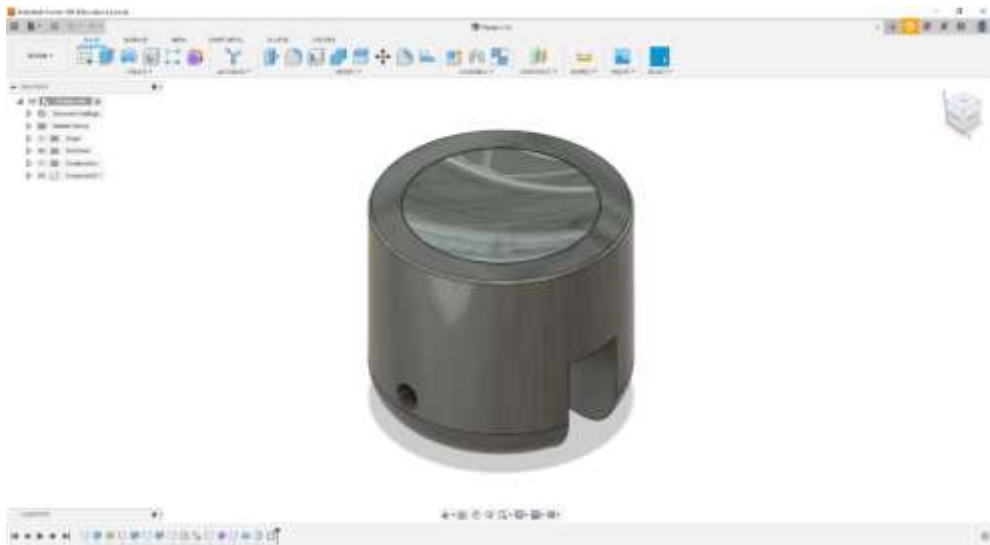


Рисунок 1 - CAD-система Autodesk Fusion 360

CAM (Computer-aided manufacturing) – це середовище технологічної підготовки виробництва виробів, за допомогою якого забезпечують автоматизацію програмування і керування устаткуванням з CNC. Програма, написана у такому модулі, має вигляд чисел та символів, що визначають величини, характер переміщень виконавчих механізмів, швидкість обертання шпинделя (для фрезерних верстатів), швидкість обертання заготовки (для токарних верстатів), подачу та інші параметри. Реалізується на базі CAM-модуля або спеціального програмного забезпечення (Mastercam, Solidworks CAM, Fusion 360 manufacture workspace, Autodesk FeatureCAM, Solid Edge тощо) (рис.2).

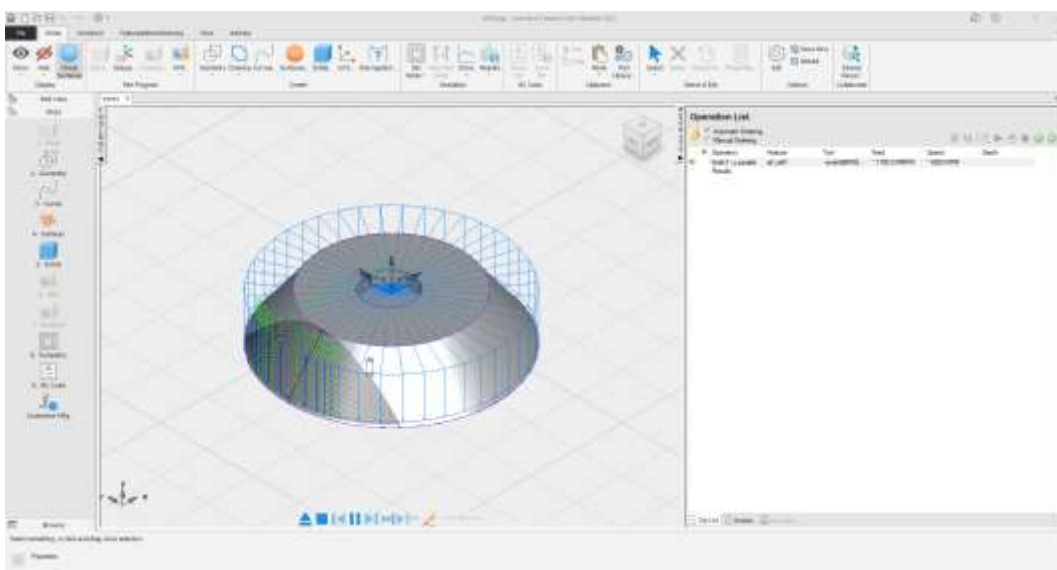


Рис. 2. CAM-система Autodesk FeatureCAM Ultimate 2023



Під етапом “CNC” мається на увазі фізичне виготовлення деталі з урахуванням технічних і технологічних особливостей потенційного виробу, робочого або наявного інструменту, характеристик використовуваного устаткування.

Для студента-початківця авторами пропонується починати одночасне освоєння як особливостей установки заготовки, так і технічні особливості програмного забезпечення, та характеристики і функціональні можливості використовуваного верстата.

Для пункту CAD пропонується поетапне освоєння простих геометричних форм з урахуванням граничних положень верстата та експлуатаційних параметрів інструменту, яким буде здійснена обробка деталі. Для полегшеного входження в 3-D моделювання авторами пропонується використовувати студентам комплексну програму Fusion 360 компанії Autodesk, що має безкоштовну студентську ліцензію, якої буде достатньо для базових задач.

Для пункту CAM авторами наполегливо рекомендується студенту, що бажає освоїти професію, працювати не лише з програмними симуляціями, але і з верстатом напряду. Це надасть більшого розуміння та змусить враховувати всі технічні, експлуатаційні та інші особливості використовуваного обладнання та наявного інструменту. Також на цьому етапі бажано зробити бібліотеку усього наявного інструменту для подальшого полегшення та прискорення роботи зі створення програм.

Пункт CNC буде опанований одночасно із пунктом CAM.

Висновок: задля повного розуміння процесу від концепту – до виготовлення для майбутнього інженера-конструктора, інженера-оператора металорізального устаткування, або ж фуллстек-спеціаліста, повинні бути доступними гайдлайни, тобто професійні збірники інструкцій, нормативів, принципів та рекомендацій.

УДК 681.5 Системи автоматизованого проектування та комп'ютерного моделювання

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ПРИМІЩЕННЯ**

Д. Мельник, П. Майдан

*Хмельницький національний університет*

Автоматика так званого «розумного» будинку виконує безліч різноманітних функцій, наприклад, керування опаленням, водопостачанням, освітленням, вентиляцією та кліматом, керування системою сигналізації та безпеки, керування системою віддаленого та візуалізованого керування будинку. Широкого застосування набувають, «мультируми» - системи для розподілу відео- чи аудіо-сигналу по приміщенню, якими можливо керувати з одного дистанційного пульта. Це лише мала частина функцій, які може виконувати, так званий, «розумний» будинок, функціональність якого може обмежуватись лише фантазією розробників та, відповідно, фінансовими можливостями власника, загально відомо, що «розумний» будинок - дороге задоволення [1].

Розробляється проєкт «Система автоматичного керування інженерними системами приміщення», що демонструє частину функціональності, так званого, «розумного» будинку, а конкретно: керування освітленням, системою безпеки, захистом електропобутових приладів, а також здійснює моніторинг параметрів навколишнього середовища (таких як температура, освітленість, вологість).

Проєкт повинен давати можливість керування або безпосередньо із панелі керування, або із спеціалізованої віртуальної консолі програми візуалізації.

Проєкт розробляється на основі програмованого логічного контролера (ПЛК) на базі модуля CPU BECKHOFF BC9120 [2, 3]. Під час проєктування вирішували наступні завдання:



- проектування структурної та принципової електричних схем, розробка конструкції та компоновання, підбір необхідної елементної бази, розрахунок споживання електричної енергії, розрахунок надійності та розробка керівної програми для ПЛК, а також налаштування та тестування роботи створеної програми.

Основою такого проєкту є ПЛК, спеціалізований під завдання керування промисловими об'єктами. Блочно-модульна конструкція дасть нам змогу створити систему керування для конкретного об'єкта із мінімальними витратами. Така конструкція дасть можливість мати у своєму складі потрібні резерви апаратних чи програмних засобів, що в подальшому залишить нам можливість виконати модернізацію проєкта за потреби.

Також дана структура проєкту за допомогою додаткових модулів розширення дасть нам можливість створити розподілену систему керування із відстанню між розташуванням ПЛК або пристроями сполучення до 100 м та загальною відстанню до 2 км, що важливо як для створення великої «інтелектуальної» будівлі, або взагалі для будь-якої розподіленої автоматичної системи.

Контролер, в свою чергу, складається із: центрального процесора, який є базою для всього пристрою, для програмування CPU застосовується спеціалізоване програмне забезпечення BECKHOFF TwinCAT; для зв'язку контролера із об'єктами керування застосовуються вхідні та вихідні модулі. Вхідні модулі використовуються для прийому сигналів від об'єкта керування, у проєкті будуть використовуватись два види вхідних модулів - аналогові та дискретні. Аналогові застосовуються для прийому сигналів у наступному вигляді: або – струм в діапазоні 4-20 мА чи 0-20 мА або напруга в діапазоні 0-10 В від аналогових давачів та ввід їх у контролер із 16-бітною роздільною здатністю, відповідно у програмі аналоговий сигнал буде відображатись як двійкове слово заданої довжини [3, 4].

Дискретні модулі будуть отримувати сигнали з обладнання (кнопки, давачі тощо) у вигляді постійної напруги 24 В – логічна «1» та «0» - логічний нуль або постійної напруги 12 В – логічна «1». Сигнали із вхідного модуля для робочої програми є окремими бітами, що матимуть певну власну адресу. Вихідні модулі дискретних сигналів призначені для видачі на виконавчі пристрої відповідної напруги для роботи відповідно до програми роботи.

У даному проєкті будуть використовуватись 3 види вихідних модулів. Дискретні вихідні модулі застосовуються для видачі постійної напруги 24 В на струм 30 мА на кожен канал, що використовується. Релейні виходи застосовуються для безпосереднього під'єднання пристроїв із великим споживанням енергії, оскільки можуть комутувати змінну напругу приблизно в 230 В зі струмом в 16 А. Вихідні модулі диммери використовують для плавного регулювання потужності, що подається на пристрій, та перетворюють 12-ти бітову програмну змінну в потужність, що видається на підключений вихід. Сигнали для вихідних модулів у програмі, що розробляється, адресуються аналогічно сигналам із вхідних модулів.

Розробка виконується із декількох причин.

1. У зв'язку з появою на ринку нових ПЛК, а отже і нових програмних продуктів для роботи із ними, виникла потреба в навчанні кваліфікованих фахівців для роботи з новими ПЛК та відповідно із новими програмами.

2. У зв'язку зі зростаючою популярністю та актуальністю «розумних» будинків та так званих, «інтелектуальних» будівель.

Розробка проєкту, в свою чергу, переслідує декілька цілей:

- продемонструвати можливості ПЛК та роботу автоматики загалом;
- допомогти засвоїти мови програмування зі стандарту MEK 61131-3;
- навчити здобувачів працювати із ПЛК BECKHOFF, а також із програмним забезпеченням для роботи з ними TwinCAT [3, 4];
- підвищити якість освіти.

Ретельний підбір елементної бази та вибір блочно-модульного ПЛК як бази для

проєкту дасть нам можливість створити його із необхідним програмно-апаратним запасом та при мінімальних фінансових затратах.

Наступним кроком буде написання програму керування системами автоматичного керування інженерними системами приміщень. Програма повинна бути написана на CFC - одній з мов стандарту МЕК 61131-3. Програма надасть можливість керування інженерними системами приміщень або безпосередньо із панелі керування, або із віртуальної консолі програми візуалізації.

Крім того створюваний проєкт, повинен демонструвати частину функціональності «розумного» будинку, а саме: керування освітленням, системою безпеки та захистом побутових електропобутових приладів, а також здійснювати моніторинг параметрів навколишнього середовища (температура, вологість та освітленість).

Список використаних джерел

1. Кращі системи «Розумний будинок» по виробниках 2022 року. ТОП 5 надійних та якісних систем «Розумний будинок» рейтингу – Режим доступу: <https://vencon.ua/ua/articles/rejting-sistem-umnyy-dom-po-proizvoditelyam>.
2. BC9120|Ethernet TCP/IP Economy plus Bus Terminal Controller - Режим доступу: <https://www.beckhoff.com/en-en/products/i-o/bus-terminals/bcxxxx-bxxxx-controller/bc9120.html>.
3. BC9120 BECKHOFF - Режим доступу: <https://plc-trade.com/mpn/bc9120/>.
4. TwinCAT automation software - Режим доступу: <https://www.beckhoff.com/en-en/products/automation/twincat/>.

УДК 621.311 Сучасні засоби автоматизації виробництва, мехатроніка та робототехніка

## **ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ГЕНЕРАТОРІВ ТА СТАРТЕРІВ**

С. Пундик, О. Аршинов, В. Лучко  
*Хмельницький національний університет*

Пуско-генераторна установка, як і на початку ХХ століття, складається із двох незалежних пристроїв - синхронного генератора і стартера на основі двигуна постійного струму. За настільки великий проміжок часу дані пристрої не перетерпіли значних змін. Поряд із цим, розвиток автомобільної промисловості демонструє швидкий ріст кількості енергоспоживачів у нових моделях автомобілів, що вимагає постійного підвищення потужностей їх генераторних установок. Отже, виникає необхідність розробки нових обладнань для випробувань, перевірки, діагностики генераторів і стартерів для швидкого виявлення неполадок у даних вузлах і їх ремонту. У цей момент існує величезна кількість різних видів діагностуючого обладнання призначених для контролю і ремонту знятого з автомобіля електроустаткування.

Використання автотранспорту постійно зростає. Чимале значення приділяється автомобільному транспорту в питаннях рейсових і маршрутних перевезень пасажирів. Частка транспортних витрат у перевезеннях пасажирів становить від 15 до 40 % [1].

Зменшення вартості транспортних операцій можна добитися декількома шляхами. Один з таких шляхів – удосконалення технічної експлуатації автомобілів. Поліпшення технічної експлуатації автомобілів дозволяє знизити витрати на паливо і мастильні матеріали, на амортизаційні відрахування і безпосередньо на поточний ремонт (ПР) і технічне обслуговування (ТО).

Для розв'язку всіх цих питань, а також для підтримки автомобілів у справному стані велике значення має впровадження діагностування.

Експлуатація технічно несправного автомобіля нерентабельна (різко зростає можливість відмови, збільшуються експлуатаційні витрати), шкідлива (підсилюється забруднення навколишнього середовища) і небезпечна для власника і інших членів суспільства (особливо, якщо ці несправності пов'язані із системами автомобіля, що

впливають на безпеку руху). Несвоєчасне і неякісне проведення профілактичних робіт (ТО, діагностування) викликає підвищене зношування деталей, агрегатів і передчасний вихід їх з ладу.

На підприємствах, що впровадили технічне діагностування, удалося продовжити термін служби багатьох агрегатів автомобілів до ремонту без зниження їх експлуатаційних капітальних ремонт (КР), після проведення необхідних регулювань, виявлених при діагностуванні, продовжували надійно працювати [2].

Розробкою методів і засобів технічного діагностування в нашій країні займається ряд великих науково-дослідних і навчальних інститутів і лабораторій.

Існуюча система ТО і ремонту автомобілів містить у собі широке впровадження засобів технічного діагностування в технологічний процес ТО і ПР. Діагностування забезпечує значну економію засобів на утримання автомобілів за рахунок скорочення їх простою на час обслуговування і ремонту, виконання дійсно необхідних регульовальних і ремонтних операцій, скорочення витрати запасних частин і пально-мастильних матеріалів (ПММ).

Список використаних джерел

1. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов / В.Е. Ютт. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006 г. – 439 с.
2. Набоких В.А Испытания электрооборудования автомобилей и тракторов: Учебник для студентов высш. учеб. заведений / Набоких В.А. – М.: Академия, 2003 г. – 252 с.

УДК 681.5      Сучасні засоби автоматизації виробництва, мехатроніка та робототехніка

**ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ  
МАЛОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

М. Вінковський, О. Койфман

*ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка»»*

В більшості випадків рівень автоматизації малих систем регулювання обмежується отриманням всіх значень технологічних параметрів об'єкта управління в одному місці – на пульту оператора. Для цього вимірювальні датчики встановлюють на технологічному обладнанні, а на пульту оператора монтують вторинні прилади, які відображають поточні значення параметрів. Для з'єднання технічних засобів автоматизації необхідна лінія зв'язку, по якій сигнал передається шляхом зміни електричної величини, наприклад – опір для термометрів опору, напруга для термопар, індуктивність для перетворювача тиску, тощо. Така різноманітність сигналів приводить до необхідності використання різних типів вторинних приладів, провідників для зв'язку та способів підключення. Більшість систем управління котелень та теплових пунктів було розроблено за такою структурою.

Вирішенням цієї проблеми є використання уніфікованого сигналу – переважна більшість сучасних датчиків мають можливість передавати сигнал уніфікованою величиною (струмом чи напругою), по однотипних лініях зв'язку і в однотипні вторинні прилади. Наразі в системах автоматизації переважно використовують уніфікований сигнали струму 4-20 мА. Датчики, які використовують для зв'язку безперервну зміну фізичної величини називають аналоговими, однак на зміну аналогових датчиків поступово приходять датчики нового типу – цифрові. Використання датчиків нового типу обумовлено впровадженням принципів концепції «Industry 4.0».

Цифровий датчик – це датчик, який для передачі по лінії зв'язку використовує той чи інший цифровий протокол. На відмінну від аналогова сигналу, в якому значення вимірюваного параметра відповідає поточному значенню електричної величини, в цифровому датчику значення передається порціями, так званими «пакетами», в кожному із яких знаходиться двійкове слово. Однією з переваг цифрової передачі даних є те, що окрім

безпосереднього значення вимірюваної величини в ньому можна зашифрувати інші параметри, наприклад номер датчика, встановлений діапазон, технічний стан та ін. Протоколи – це перелік правил та угод, за якими відбувається спілкування датчика і вторинного пристрою (в якості якого може виступати реєстратор, контролер або комп'ютер). Вони відрізняються насамперед правилами побудови двійкового слова, здійснення відправки команд та повернення відповіді, налагодження співпраці між ведучим пристроєм (master) і відомим (slave) і відповідність логічному «0» і «1» в двійковому слові. В різних протоколах за логічні рівні можуть відповідати різні фізичні значення або явища. Це можуть бути різні значення напруги, наявність або відсутність світла, різна частота сигналу.

Пропонується для проектування системи автоматизації малої інформаційної потужності використовувати цифрові датчики з підтримкою HART-протоколу. Перевагами обраного протоколу є його відкритість, в наслідок чого більшість датчиків, які підтримують аналоговий сигнал 4-20, вже мають «на борту» можливість використання HART-протоколу. Це дозволяє змінювати вид передачі даних з аналогового на цифровий з використанням вже наявних датчиків, а іноді і без заміни самої лінії зв'язку. HART-протокол можна використовувати в двох режимах – одноканальному та багатоканальному. При одноканальному один датчик безпосередньо з'єднується з HART-модемом - пристроєм для зв'язку з комп'ютером. В цьому варіанті залишається можливість за необхідністю використовувати сигнал 4-20 мА, однак з'являються низка нових функцій, зокрема: можливість дистанційного налаштування та калібрування, передача декількох вимірюваних величин (наприклад датчик тиску має змогу в якості другого значення передавати температуру), стан сенсора, тощо.

При багатоканальному режимі зникає можливість вимірювання аналоговим сигналом, через те що всі датчики (максимум 15 в одній мережі) фіксують значення споживання струму на рівні 4 мА, однак зберігаються усі переваги цифрового протоколу, крім того відбувається економія на довжині лінії зв'язку в наслідок з'єднання всіх датчиків паралельно, через один магістральний кабель. Проте, на відміну від одноканального, цей режим має низку недоліків, таких як підвищені вимоги до якості кабелю, менша протяжність лінії зв'язку та менша надійність. Ці вади необхідно враховувати при проектуванні, а деякі можливо нівелювати. Наприклад – менша надійність обумовлена тим, що при фізичному пошкодженні магістральної лінії одразу втрачається зв'язок з декількома пристроями. Це можна попередити, прокладаючи цю лінію в захисній трубі, та (або) дублюючи її.

Окрім вище зазначених можливостей, використання HART-протоколу дозволяє виконувати дистанційну діагностику датчиків, що забезпечує контроль за станом приладу і попередження відмов у його роботі. Наприклад, датчик тиску «Сафір М» серії 7000 (ТОВ «Завод Манометр», Україна) підтримує 46 HART-команд, серед яких: №41 «Проведення самотестування», №42 «Перезавантаження датчика»; №43 «Корекція нуля датчика»; №48 «Зчитування додаткового статусу датчика».

Всі наведені особливості HART- протоколу дозволяють створювати системи автоматизації відповідно до концепції «Industry 4.0», тобто створювання низки малих систем автоматизації, які здатні об'єднатися в одну мережу за допомогою впровадження кіберфізичної системи, інтернет речей, тощо. Подібні системи можливо впроваджувати в таку галузь як система міського опалення. Окрім основної районної котельні існує декілька малих котелень та централізованих теплових пунктів (ЦТП) – для забезпечення централізованого керування та контролю на кожному з цих об'єктів необхідно впровадити систему автоматизації з використанням цифрових датчиків з підтримкою HART-протоколу.

Для прикладу розглянемо автоматизацію ЦТП, з використанням багатоканального режиму зв'язку для 15 датчиків, HART-модемом і комп'ютером, з встановленою програмою, яка використовує набір команд протоколу для спілкування с датчиками (рис. 1,

а). Для з'ясування доцільності, порівняємо запропоновану схему з аналогічною схемою з використанням аналогового сигналу 4-20 мА (рис. 1, б).

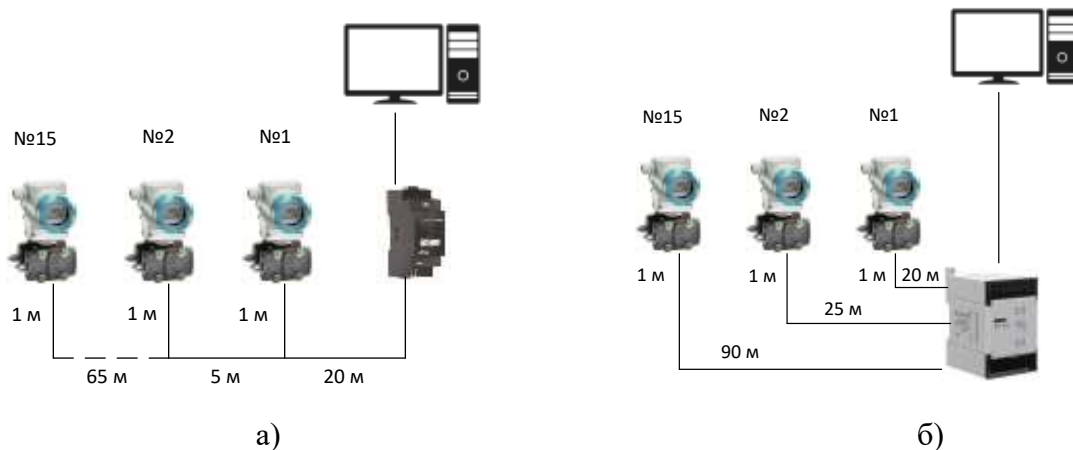


Рисунок 1 - Порівняння структур систем автоматизації ЦТП

Як можна побачити головною відмінністю є те, що кожен датчик 4-20 мА потрібно підключати окремо. Це приводить до збільшення довжини кабелю (840 м проти 105 м), кількості вимірювальних модулів (пристрій зі 16-ю аналоговими входами проти одного HART-модема) і кількість джерел живлення (для кожного аналогового датчика потрібний окремий канал живлення, загалом 15-ть каналів. А для цифрової передачі достатньо одно каналний блок живлення відповідної потужності).

Таким чином наведені особливості цифрового протоколу дозволяють розробити значно простішу і дешевшу систему малої автоматизації з використанням сучасних тенденцій Industry 4.0. Подальша розробка системи автоматизації буде розглянута при виконанні кваліфікаційної магістерської роботи.

Список використаних джерел:

1. Ківа, І. Л. Бачинський, Б. В. Лісовець, С. М. Застосування HART-протоколу дл обміну даними між системами автоматизації і первинними перетворювачами. // Технології та дизайн, 2016.
2. R. Bowder, "Fisher-Rosemount. HART Field Communications Protocol-A Technical Description"// Emerson Process management, 2002.

УДК 687.052.2 Сучасні засоби автоматизації виробництва, мехатроніка та робототехніка

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТОТЕХНІКА В ШВЕЙНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Л. Чернецька, В. Мица  
Хмельницький національний університет

Завдяки універсальності текстильного матеріалу, він став предметом дослідження в сучасному світі і мільйони фахівців задіяні у цій галузі. Як відомо, текстильні вироби виготовляються з різних видів сировини, як натуральної, так і синтетичної. Колись усі процеси цієї галузі відбувалися за допомогою ручної праці та простих технологій. Поступово використання технологій почало зростати та ускладнюватися. Дослідники та підприємці почали зосереджувати увагу на сучасному обладнанні та технологічних аспектах, акцентуючи увагу на покращенні якості продукції та збільшення виробництва. Наразі, двома основними напрямками, які найчастіше використовуються у швейній промисловості є автоматизація та робототехніка.

Вживання швейної промисловості на світовому ринку залежить від передових технологій, автоматизованого обладнання та навичок, які використовуються в проєктуван-

ні, виробничому процесі та постачанні галузі, починаючи від проектування до виробництва. Немає сумнівів, що автоматизація може підвищити ефективність виробництва, зменшити кількість неякісних товарів та знизити загальну собівартість продукції [1,2].

Автоматизація та робототехніка широко використовуються при виготовленні одягу на різних етапах та з різними цілями:

- використання автоматизованих інструментів та обладнання для розбракування тканини в разі підвищує ефективність даного процесу. Зображення тканини обробляється програмним забезпеченням або інструментом моделювання для збирання інформації про серйозність дефекту тканини. Виявлені помилки автоматично ідентифікуються на тканині, і залежно від ступеня та серйозності дефекту нараховуються бали. Якщо кількість дефектів партії тканини перевищує певну межу, вони бракуються;

- CAD використовується для створення 3D-дизайну одягу за допомогою комп'ютера, потім CAD надсилає цю інформацію до САМ, який контролює та керує виробничим процесом відповідно до цієї інформації. САПР широко використовується не тільки в 3D-дизайні, але і для градації, побудови креслень, візуалізації структури тканини, різання, друку, скануванні тіла;

- використання автоматичних верстатів для різання тканини скоротило як потребу у кількості робочих, так і час порівняно з машинами з ручним керуванням. З іншого боку, точність та ефективність також зросли;

- використання технології роботизованого 3D-шиття відкриває нові горизонти в шитті, оскільки може виробляти високоякісний та вишуканий одяг. Philipp Moll GmbH & Co розробила технологію 3D-шиття, яка може автоматично виконувати 3D-шов. Технологія 3D-шиття дозволяє виготовляти такі предмети одягу, як штани, куртки, сорочки тощо, а також чохла для автомобільних сидінь та подушки безпеки. При цьому забезпечується висока якість виготовлених текстильних виробів, зниження трудовитрат та підвищення продуктивності.

Значними темпами розширюються галузі застосування радіочастотної ідентифікації (RFID) у швейній промисловості. Радіочастотна ідентифікація – це технологія, яка використовує електромагнітні поля виявлення руху об'єктів. Використання технології RFID допомагає відстежувати продукти протягом усього виробничого процесу та може додатково допомогти у системі автоматизації під час виробництва одягу. Існує безліч застосувань технології RFID у швейній промисловості, таких як керування запасами, відстеження продукції, моніторинг та контроль виробництва, управління роздрібною торгівлею тощо. Технологія RFID пропонує потенційні переваги управління ланцюжками постачання за рахунок підвищення ефективності та швидкості процесу, скорочення втрат та підвищення точності даних.

Головними перевагами автоматизації швейної промисловості є:

- 1) Більше виробництва за менший час: завдяки автоматизації та роботизації у швейній промисловості можна виробляти та експортувати більше товарів/одягу за менший час. В результаті автоматизації цілих етапів виробництва більше продуктів тепер виробляється в режимі нон-стоп і одночасно.

- 2) Підвищення якості продукції: завдяки автоматизації виготовляється більш якісна та бездоганна продукція, ніж раніше.

- 3) Зниження залежності від робочої сили: скорочення кількості робітників на різних етапах автоматизації. У деяких випадках ця автоматизація дозволила скоротити кількість робочих місць на майже 50-60%, а в деяких випадках до 90%. У результаті та сама робота виконується з меншими трудовитратами, ніж раніше, але за менший час. Тому сума оплати праці зменшилася під час виробництва товарів у будь-якій галузі.

- 4) Підвищений попит на кваліфікованих текстильних робітників: оскільки автоматизація скоротила кількість робітників у текстильній промисловості і там, де раніше потрібно було 150-200 робітників, тепер працюють лише 10-12 робітників/операторів. Для експлуатації сучасного та передового обладнання потрібен кваліфікований персонал.

Таким чином, з автоматизацією зростає попит на кваліфікованих текстильників.

5) Скорочення часу виконання замовлення: в епоху швидкої моди кожен покупець хоче отримати товар за короткий термін і за низькою ціною.

Проте, існує ряд ризиків, пов'язаних з автоматизацією швейного виробництва:

1) Високі інвестиційні витрати: з використанням автоматизації та робототехніки у текстильній промисловості обсяг інвестицій багаторазово збільшився. Це пов'язано з тим, що він включає деяке обладнання та інструменти, здатні виконувати кілька завдань одночасно, що призводить до витрат від тисяч до мільйонів доларів.

2) Зростання безробіття. В результаті автоматизації та роботизації 70-80 відсотків робітників скоротилися на різних етапах, тобто ці працівники втрачають роботу. Це підвищить рівень безробіття у країні. За даними Світового банку, кількість нових робочих місць, створюваних у текстильній та швейній промисловості, скоротилася до 60 000 на рік із 300 000 на рік у період з 2013 по 2020 рік.

3) Непередбачені затримки виробництва: часто буває, коли автоматизовані машини виходять з ладу, а потім раптово перестають працювати. І ці автоматизовані машини також потребують більше часу на ремонт, тому виробництво буде відкладено. Таким чином, вся виробнича лінія буде зупинена через помилку чи непрацездатність автомата.

4) Іноді обмежений об'єм: неможливо автоматизувати машини у всіх процесах, пов'язаних із виробництвом одягу, оскільки автоматизація деяких операцій часто є складною і дорогою. У разі пошиття одягу різноманітні властивості тканин обмежують можливості автоматизації у виробництві одягу.

Таким чином, у сучасному світі робототехніка та автоматизація широко використовуються в швейній промисловості. Оскільки робототехніка та автоматизація є важливою складовою для підвищення продуктивності та процвітання, нашим виробникам одягу потрібно інвестувати в подальші дослідження застосування робототехніки в цій галузі та вживати необхідних заходів, щоб вижити в цьому конкурентному ринку та йти в ногу з основними країнами-конкурентами.

Список використаних джерел

1. Смутко С.В., Мица В.В., Лісевич С.П., Неймак В.С. Удосконалення розкрійного устаткування швейних підприємств // Вісник ХНУ. - №4. - 2018 р. С. 120-122.

2. Бохонько О.П., Мица В.В., Ярошук О.В. Конструювання і виготовлення виробів із хутра та шкіри: навч. посібник / О.П. Бохонько, В.В. Мица, О.В. Ярошук. - Хмельницький: ХНУ, 2017. - 303 с.

УДК 681.5      Сучасні засоби автоматизації виробництва, мехатроніка та робототехніка

## **РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ**

М. Костюк, П. Майдан  
*Хмельницький національний університет*

Доцільне використання паливно-енергетичних та водних ресурсів, а також охорона довкілля загалом визначили напрямок розвитку систем тепло- та водопостачання. Під час проектування нових та модернізації існуючих систем водопостачання дедалі частіше передбачають розробку та створення систем безстічного водокористування, яка базується на замкнутих циклах. Головними енергетичними ланками систем водопостачання, що використовуються для забезпечення транспортування різних рідких речовин по водопроводах, звичайно є насосні станції.

Тому завданням нашої роботи є проектування системи автоматичного керування електроприводом насосної установки (НУ), наприклад, для системи гарячого водопостачання або насосної станції (НС) для гарячого водопостачання (для теплового пункту).

Загально відомо, що НУ щорічно витрачають близько 20% електроенергії, що виробляється в нашій енергосистемі. Нині більша частина НУ працюють в неекономному режимі тому, що втрати електроенергії становлять близько 10-15%, а інколи можуть сягати 20-25% від електроенергії, що споживається.

Використання економічних способів регулювання, що базуються на регулюванні частоти обертання робочих коліс насоса, дає змогу значно знизити втрати електроенергії в НУ. У сучасних НУ регулювання частоти обертання робочих коліс насосів виконується за допомогою використання, так званого, автоматизованого електроприводу (АЕП).

Транспортування гарячої води по системі господарсько-побутового споживання та характер її розподілу, типу добових витрат, є нерівномірними та сильно залежать як від кількості жителів населеного пункту так і від ступеня благоустрою самих будівель.

У відкритих системах тепlopостачання житлових районів між централізованим тепловим пунктом та тепловими пунктами окремих будинків прокладають чотиритрубну теплову мережу: два трубопроводи - подачі та циркуляційний, які використовуються для подачі води в систему гарячого водопостачання та два трубопроводи – знову ж, подачі та зворотний - для подачі теплоти в систему опалення окремих будинків.

Система автоматичного керування (САК) повинна працювати не лише у автоматичному, а і в ручному режимі. Під час використання системи в ручному режимі функція людини-оператора повинна полягати в ручній комутації насосів в залежності від напору речовини в мережі. Напір речовини в мережі в цьому режимі може контролюватися за давачами. Припустимо, що температура речовини в мережі буде контролюватись автоматично на центральному тепловому пункті.

Згідно з вимогами, що висувуються до НУ, вони повинні бути максимально автоматизовані та працювати без постійного надзору обслуговуючого персоналу, що чергує.

Виконання цієї вимоги можна досягти лише в випадку застосування системи автоматизованого керування. Таку систему доцільно побудувати з застосуванням програмованого контролера, у функції якого буде входити аналіз інформації про загальний стан об'єкта, що надходить із давачів, і створення керівних впливів, а також передача інформації про перебіг робочого процесу на керуючу ЕОМ, що розташована на центральному диспетчерському пункті.

Вибір принципів керування НУ ми виконаємо на підставі вимог до системи автоматизації, що були описані вище. Відповідно до даних вимог було запропоновано структурну схему автоматизації установки, наведену на рисунку 1.

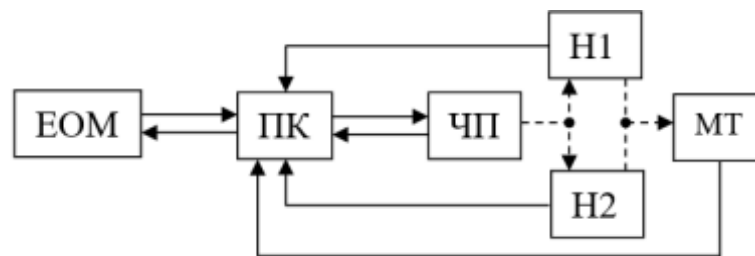


Рисунок 1 - Структурна схема автоматизації НУ:

ЕОМ – керуюча ЕОМ на диспетчерському пункті; ПК – програмований контролер НУ; ЧП – частотний перетворювач; Н1, Н2 – насоси №1 та №2 для НУ; МТ – мережевий трубопровід; —> - потік інформаційної взаємодії; -.-.-> - потік фізичної взаємодії

Структурна схема складається із програмованого контролера (ПК) та керуючої ЕОМ, розташованою у центральному диспетчерському пункті (ЕОМ), частотного перетворювача із комутаційною апаратурою (ЧП), двох насосів (Н1 та Н2), мережевого трубопроводу (МТ).



На цій структурній схемі виконано умовний розподіл потоків інформації, а саме: від контролера до агрегатів НУ та навпаки, відповідно, вказано яку інформацію має отримувати контролер, а яку передавати далі.

У процесі роботи НУ необхідно виконати контроль наступних параметрів:

- величину напору в мережевому трубопроводі;
- витрати речовини через мережевий трубопровід;
- температуру речовини в мережевому трубопроводі.

Отже, на ПК повинна надходити інформація про величину витрати речовини, температуру речовини, напір у мережевому трубопроводі, стан ЧП та насосів (а саме електродвигунів насосів). ПК же, залежно від величини витрати через МТ, має подавати на ЧП сигнал завдання на стабілізацію величини напору на необхідному рівні. Розрахунок необхідної величини напору, в залежності від реальної величини витрати, виконується відповідно до характеристик мережі.

Проаналізувавши схему силових ланцюгів НУ ми робимо висновок, що для керування контакторами необхідно лише чотири дискретні вихідні сигнали. Для керування ЧП потрібно застосовувати лише один аналоговий вихідний сигнал (напруга завдання величини напору). Деяка кількість вихідних дискретних сигналів необхідна для організації сигналізації режимів роботи всієї установки. Для контролю стану контакторів необхідно чотири дискретних входи та ще два необхідно для контролю справності ЧП та контролю необхідності ввімкнення додаткового насоса. Також для опитування давачів необхідно два аналогових входи.

Згідно поставленого завдання було розроблено структурну схему автоматизації роботи НУ, на основі якої буде підбрано необхідну кількість та тип модулів.

Список використаних джерел

1. Насосні станції : інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. – Рівне: НУВГП, 2008. – 125 с.
2. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник / Т. О. Шевченко, Ю. В. Ярошенко, М. М. Яковенко, В. М. Беляєва ; Харків. нац. ун-т міськ. гос-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 195 с.
3. Колотило М. І. Насоси, повітродувки, компресори : навч. посібник для вузів / М. І. Колотило – Харків : ХДТУБА, 1997. – 128 с.
4. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: «УкрНДВодоканалпроект», розробники: О. Оглобля, Г. Пархомович, О. Буланій та інш. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 280 с.

УДК 677.055

Агроінженерія та галузеве машинобудування

**ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИВОДІВ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ  
МАТЕРІАЛІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

М. Рубанка<sup>1</sup>, О. Поліщук<sup>2</sup>, О. Місяць<sup>2</sup>

*Київський національний університет технологій та дизайну<sup>1</sup>*

*Хмельницький національний університет<sup>2</sup>*

Особливістю технологічного обладнання для переробки відходів матеріалів легкої промисловості, зокрема роторних ножових дробарок, є значні динамічні навантаження, що виникають в період несталих режимів роботи і є однією із вагомих причин зниження надійності, довговічності та ефективності його роботи. Виходячи з цього, при проектуванні даного виду обладнання, першочергово слід приділяти увагу зниженню динамічних навантажень в приводі машини та запобіганню аварійних ситуацій. Вирішення цієї задачі без удосконалення конструкцій пристроїв зниження динамічних навантажень неможливе [1].

У роботах [2-4] розглянуто можливі шляхи зниження динамічних навантажень в

приводах технологічних машин легкої промисловості. Що стосується роторних ножових дробарок, то до прийнятних способів зниження динамічних навантажень можна віднести: збільшення моменту інерції приводу за рахунок використання маховика [5]; використання в приводі передач тертям з гнучкою в'яззю [6]; оснащення приводу пристроями для зниження динамічних навантажень, зокрема пружними муфтами (рис. 1).

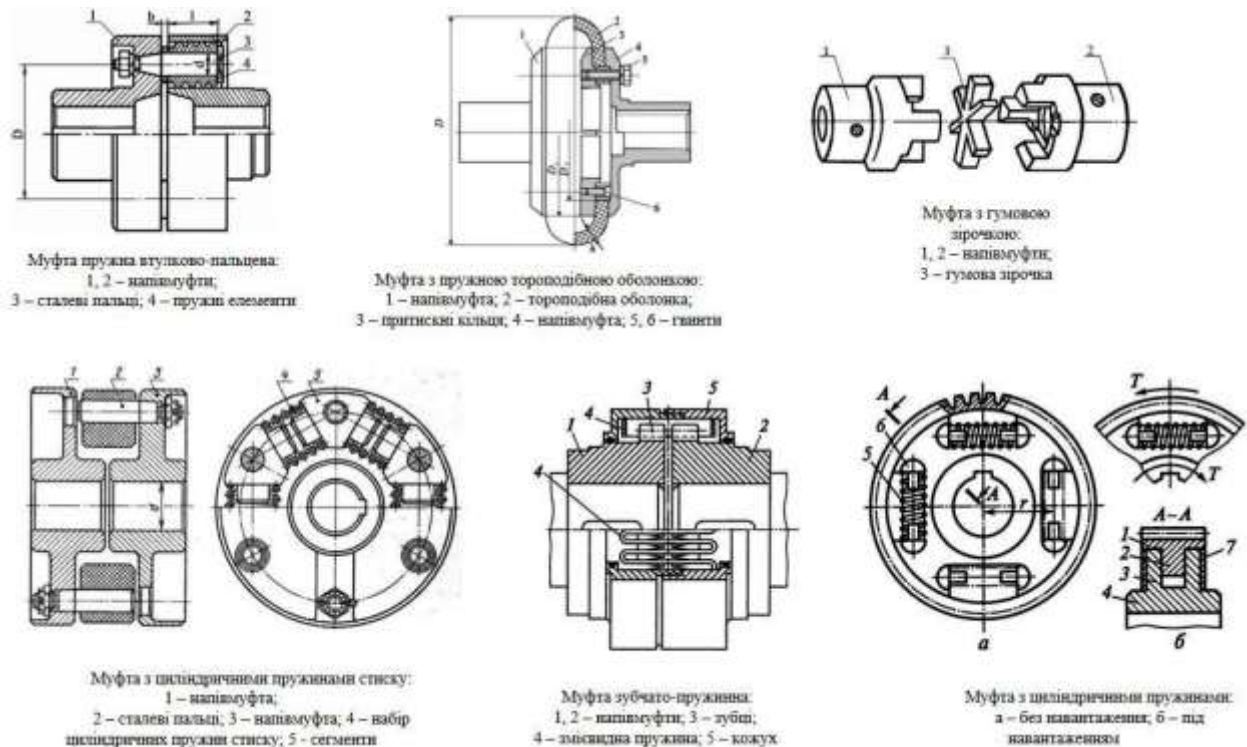


Рисунок 1 - Пристрої для зниження динамічних навантажень приводів машин

Зазвичай пружні муфти використовуються в приводах машин, що піддаються ударним навантаженням. Вони складаються з двох напівмуфт та пружних елементів, що з'єднують напівмуфти між собою. За матеріалом пружних елементів пружні муфти поділяються на:

- муфти з неметалевими пружними елементами (гума);
- муфти з металевими пружними елементами (гвинтові пружини, плоскі пружини, пакети пластин тощо).

До відомих конструкцій пружних муфт (рис. 1), що можуть бути використані в приводах роторних дробарок для зменшення динамічних навантажень та захисту їх елементів від перевантажень можна віднести муфту пружну втулково - пальцеву, муфту з пружною тороподібною оболонкою, муфту з гумовою зіркою, муфту з циліндричними пружинами стику, муфту зубчато-пружинну, муфту з циліндричними пружинами та інші.

Аналіз існуючих конструкцій пружних муфт, які можуть використовуватись в приводах дробарок, показує, що вони не дозволяють вирішити повністю проблему запобігання пошкодженню елементів муфти та приводу в цілому, призводячи до зниження ефективності їх використання в приводах дробарок.

На рис. 2 представлено нові конструкції пружних муфт, що здатні вирішити проблему ефективного зниження динамічних навантажень приводів технологічного обладнання для переробки відходів матеріалів легкої промисловості [7, 8].

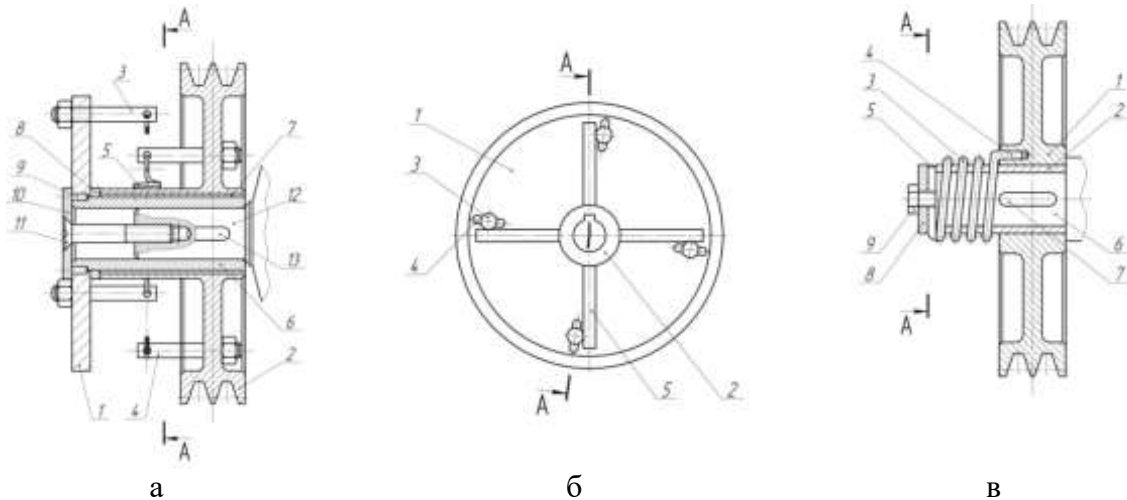


Рисунок 2 - Нові конструкції пружних муфт: а – з циліндричними пружинами розтягу; б – з консольними плоскими пластинчастими пружинами; в – з циліндричною пружиною кручення

Список використаних джерел

1. Піпа Б. Ф. Аналіз доцільності використання пристрою з пружиною кручення для зниження динамічних навантажень в приводі технологічного обладнання та вибір його параметрів / Б. Ф. Піпа, М. М. Рубанка, С. В. Музичишин // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 3 (77). – С. 209-215.
2. Піпа Б. Ф. Динаміка круглов'язальних машин / Б. Ф. Піпа, О. М. Хомяк, Г. І. Павленко. – К. : КНУТД, 2005. – 294 с.
3. Хомяк О. М. Динаміка плосков'язальних машин та автоматів / О. М. Хомяк. – К. : КНУТД, 2008. – 250 с.
4. Чабан В. В. Динаміка основов'язальних машин / В. В. Чабан, Л. А. Бакан, Б. Ф. Піпа. – К. : КНУТД, 2012 – 287 с.
5. Видмиш А. А. Основи електропривода. Теорія та практика : навч. посіб. / А. А. Видмиш, Л. В. Ярошенко. – Вінниця : ВНАУ, 2020. Частина 1. – 387 с.
6. Піпа Б. Ф. Деталі машин : підручник / Б. Ф. Піпа, О. М. Хомяк, А. І. Марченко. – К. : КНУТД, 2011. – 358 с.
7. Рубанка М. М. Доцільність використання в приводі роторної ножової дробарки пружної запобіжної муфти / М. М. Рубанка, Б. Ф. Піпа, Ю. А. Ковальов // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 2 (76). – С. 97-102.
8. Піпа Б. Ф. Аналіз доцільності використання пристрою з пружиною кручення для зниження динамічних навантажень в приводі технологічного обладнання та вибір його параметрів / Б. Ф. Піпа, М. М. Рубанка, С. В. Музичишин // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 3 (77). – С. 209-215.

УДК 677.055

Агроінженерія та галузеве машинобудування

**РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ  
МАШИНИ ДЛЯ РОЗКОЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ**

О. Місяць<sup>1</sup>, М. Скиба<sup>1</sup>, М. Рубанка<sup>1</sup>  
Хмельницький національний університет<sup>1</sup>  
Київський національний університет технологій та дизайну<sup>2</sup>

Аналіз конструкцій машин для розколювання деревини з електромеханічними приводами показав, що суттєвим недоліком є значні динамічні навантаження, які виникають під час несталого режиму їх роботи (пуск, розколювання колоди, перемикання механізмів тощо), що негативно впливає на енергоефективність та довговічність роботи машин в цілому [1-3]. Як показують дослідження, проблема зниження енерговитрат в

процесі розколюванні деревини машинами з електромеханічними приводами може бути вирішена шляхом використання в їх приводах маховиків раціональних геометричних параметрів.

Завданням досліджень є підвищення довговічності роботи машин для розколювання деревини з електромеханічними приводами; зниження їх енерговитрат в процесі розколюванні деревини шляхом розробки більш досконалої конструкції електромеханічного приводу та розробки методу його розрахунку.

На рисунку 1 представлено кінематичну схему рейкової машини для розколювання деревини з електромеханічним приводом.

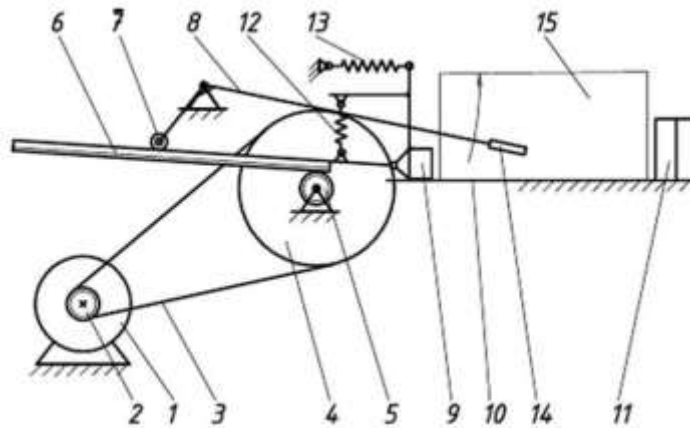


Рисунок 1 - Кінематична схема рейкової машини для розколювання деревини з електромеханічним приводом: а – початкове положення; б – робоче положення; в – кінцеве положення; 1 – електродвигун; 2 – шків; 3 – клиновий пас; 4 – шків – маховик; 5 – зубчата шестерня; 6 – зубчата рейка; 7 – ролик притискання; 8 – важіль керування; 9 – повзун – штовхач; 10 – напрямна; 11 – робочий орган (клин); 12 – пружина для піднімання рейки; 13 – пружина зворотного ходу; 14 – рукоять важеля; 15 – чурбак (матеріал)

Процес розколювання деревини відбувається за рахунок енергії, що накопичена маховиком та енергії, яка надається електродвигуном. Оскільки процес розколювання займає досить короткий проміжок часу, то потрібно визначити момент інерції маховика, який в повній мірі забезпечить процес руйнування.

Кінетичну енергію маховика можна визначити за наступним виразом:

$$E_M = \frac{J \cdot \omega^2}{2}, \quad (1)$$

де  $J$  - момент інерції маховика;  $\omega$  - кутова швидкість обертання маховика.

При витраті енергії маховика на розколювання деревини його швидкість зменшується від номінальної  $\omega_n$  до певної кінцевої  $\omega_k$ :

$$E_M = \frac{J \cdot (\omega_n^2 - \omega_k^2)}{2}, \quad (2)$$

Рівняння балансу енергій набуде вигляду:

$$E_M + E_{\text{дв}} = E, \quad (3)$$

де  $E_{\text{дв}}$  - енергія, що надається приводу електродвигуном протягом часу процесу розколювання.

$$E_{\text{дв}} = N_{\text{дв}} \cdot t_{\text{роз}}, \quad (4)$$

де  $N_{\text{дв}}$  - потужність електродвигуна;  $t_{\text{роз}}$  - час розколювання.

$$t_{\text{роз}} = \frac{(x_1 + x_k)}{V_{\text{шт}}}, \quad (5)$$

де  $V_{\text{шт}}$  - швидкість руху штовхача;  $x_1, x_k$  - координати переміщення штовхача.

Оскільки  $x_1=0$ , то з (5) маємо:

$$E_{\text{дв}} = N_{\text{дв}} \cdot \frac{x_k}{V_{\text{шт}}}, \quad (6)$$

Якщо електромеханічний привод машини для розколювання деревини виконати без маховика, то на процес розколювання буде витрачатись тільки енергія двигуна, що надана механізму за час розколювання. В цьому випадку потужність електродвигуна можна знайти за наступним виразом:

$$N_{\text{дв}} = E \frac{V_{\text{шт}}}{x_k}. \quad (7)$$

Якщо на процес розколювання витрачається вся енергія маховика ( $\omega_k = 0$ ):

$$E - E_{\text{дв}} = \frac{J \cdot \omega_n^2}{2},$$

звідки момент інерції маховика:

$$J = \frac{2(E - E_{\text{дв}})}{\omega_n^2}. \quad (8)$$

Список використаних джерел

1. Шкіря Т. М. Машини та обладнання лісосічних та лісоскладських робіт [підручник для студентів] / Т. М. Шкіря. – Львів : Тріада плюс, 2005 р. – 436 с.
2. Кий В. В. Експериментальні дослідження розколювання деревини робочим органом східчастої форми / В.В. Кий, Р.Р. Курка // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.13. – С. 126-132.
3. Кий В. В. Експериментальна установка для дослідження процесу розколювання деревини робочим органом східчастої форми / В.В. Кий, В.Б. Магушевський, М.І. Озимок // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.2. – С. 124-128.

УДК 677.055

Агроінженерія та галузеве машинобудування

### **ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ ЦІВКОВОЇ ПЕРЕДАЧІ**

М. Рубанка<sup>1</sup>, О. Поліщук<sup>2</sup>, О. Місяць<sup>2</sup>

*Київський національний університет технологій та дизайну<sup>1</sup>  
Хмельницький національний університет<sup>2</sup>*

Під цівковою передачею (рис. 1) слід розуміти зубчастий механізм, в якому кінематично з'єднані між собою зубчасте колесо та цівкове колесо. Обертальний рух передається між паралельними валами [1].

Аналіз відомих конструкцій цівкових передач [2-5] показує, що жорстке закріплення цівки в цівковому колесі не дозволяє зменшити інтенсивність зносу цівки в зоні їх зачеплення з зубами зубчастого колеса, що знижує надійність та довговічність роботи цівкової передачі.

Метою роботи є створення такої конструкції цівкової передачі, в якій введенням

нових елементів та їх зав'язків забезпечилось би підвищення довговічності роботи цівкової передачі.

Авторами пропонується конструкція цівкової передачі [6], що містить кінематично з'єднані між собою зубчасте колесо, встановлене на ведучому валу, та цівкове колесо з цівками, встановлене на веденому валу, і додатково обладнана роликми, встановленими на цівках.

Обладнання цівкової передачі роликми, встановленими на цівках, дозволяє завдяки можливості повороту роликів відносно цівок знизити інтенсивність зносу роликів та цівок в зоні їх зачеплення з зубами зубчастого колеса, що забезпечує підвищення довговічності роботи цівкової передачі.

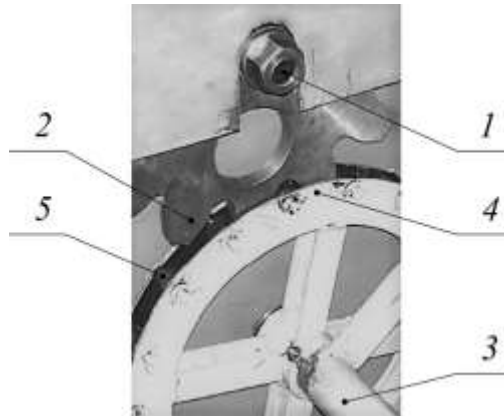


Рисунок 1 - Цівкова передача (вид загальний): 1 – ведучий вал; 2 – зубчасте колесо; 3 – ведений вал; 4 – цівкове колесо; 5 - цівки

На рис. 2 представлена схема запропонованої цівкової передачі. Цівкова передача (рис. 2) містить зубчасте колесо 1, встановлене на ведучому валу 2, цівкове колесо 3, встановлене на веденому валу 4, з ободом 5, що має циліндричні отвори 6, та цівки 7, встановлені в циліндричні отвори 6. Цівки 7 виконано у формі гільзових пружин - пружних втулок з розрізом. На цівках 7 встановлені ролики 8. Зубчасте колесо 1, жорстко закріплене на ведучому валу 2 та розташоване всередині цівкового колеса 3.

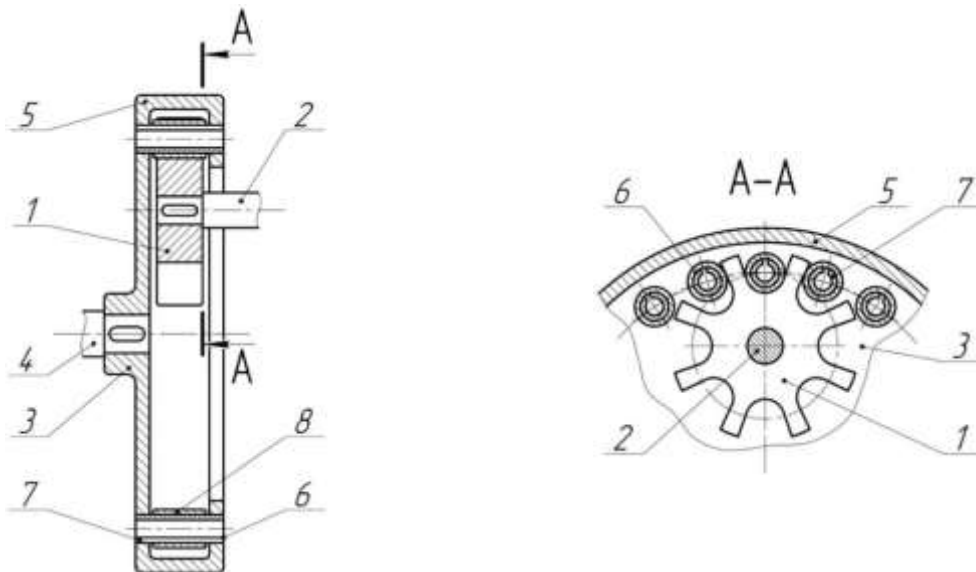


Рисунок 2 - Цівкова передача (запропонована конструкція): 1 – зубчасте колесо; 2 – ведучий вал; 3 – цівкове колесо; 4 – ведений вал; 5 – обод; 6 – циліндричні отвори; 7 – цівки; 8 - ролики

Принцип роботи цівкової передачі полягає в наступному. Обертальний рух зубчастого колеса 1 за допомогою зачеплення його зубів з роликками 8 передається цівковому колесу 3 та веденому валу 4. Неточність виконання профілю зубів зубчастого колеса 1 та розташування цівок 7 з роликками 8 в циліндричних отворах 6 обода 5 цівкового колеса 3, що завжди має місце, компенсується пружними властивостями цівок 7, виконаних у формі гільзових пружин, що усуває динамічні навантаження в зачепленні, та знижує знос робочих поверхонь зубів зубчастого колеса 1 та роликків 8. Наявність роликків 8, встановлених на цівках 7, дозволяє завдяки можливості повороту роликків відносно цівок знизити інтенсивність зносу роликків у зоні їх зачеплення з зубами зубчастого колеса. Внутрішнє розташування зубчастого колеса 1 в цівковому колесі 3 знижує навантаження на кожну цівку 7 та ролик 8, що знаходиться в зачепленні з зубами зубчастого колеса 1.

Список використаних джерел

1. Теорія механізмів технологічних машин: підручник для студентів механічних спеціальностей закладів вищої освіти / Попов С.В., Бучинський М.Я., Гнітько С.М., Чернявський А.М. – Харків : НТМТ, 2019. – 268 с.
2. Пат. 6735 Україна, МПК F16H 1/24. Цівкова передача / Б. Ф. Піпа, А. І. Тарасенко, А. І. Марченко ; власник Київський національний університет технологій та дизайну. – № 20041109204 ; заявл. 09.11.2004 ; опублік. 16.05.2005, Бюл. № 5. - 2 с.
3. Піпа Б.Ф. Деталі машин : підручник для студ. вищих навч. закладів / Б. Ф. Піпа, О. М. Хомяк, А. І. Марченко. – К. : КНУТД, 2011. – 358 с.
4. Хомяк О.М. Передачі : навчальний посібник / О.М. Хомяк, Б.Ф. Піпа. – К. : КНУТД, 2003. – 167 с.
5. Піпа Б. Ф. Нові конструкції деталей, вузлів та механізмів машин / Б. Ф. Піпа, О. М. Хомяк, А. І. Марченко. – К. : КНУТД, 2006. – 322 с.
6. Пат. 123892 Україна, МПК F16H 1/24 (2006.01). Цівкова передача / Б. Ф. Піпа, В. П. Місяць, М. М. Рубанка ; власник Київський національний університет технологій та дизайну. – № u201709883 ; заявл. 12.10.2017 ; опублік. 12.03.2018, Бюл. № 5. - 2 с.

УДК 614:004.4 Шляхи удосконалення охорони праці та цивільної безпеки за допомогою сучасних інноваційних технологій

## **ОПТИМІЗАЦІЯ НАГЛЯДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ**

Ю. Соколан

*Хмельницький національний університет*

Наглядова діяльність з питань аналізу та обліку нещасних випадків на підприємстві здійснюється органами Держпраці та робочими органами Фонду відповідно до компетенції шляхом контролю за своєчасністю та об'єктивністю проведення розслідування нещасних випадків, підготовкою матеріалів розслідування, веденням їх обліку, вжиттям заходів до усунення причин їх настання. Облік нещасних випадків, що сталися на виробництві ведуть: підприємства (установи, організації), робочі органи Фонду соціального страхування Держпраці та її територіальні органи.

Одним із методів мінімізації помилок у роботі інженера з охорони праці є використання баз даних підприємства, в якому буде зберігатись та оброблюватись вся необхідна інформація.

Аналіз наявності спеціалізованого програмного забезпечення в сферах охорони праці та цивільної безпеки було проведено у роботах [1, 2, 3]. У роботі [2] розглядалось питання наявності програмного забезпечення для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму. Проведений аналітичний огляд дозволив виокремити основний функціонал, який повинна містити програма, а також виокремити проблему відсутності відповідного програмного забезпечення для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму українського виробництва.

Для вирішення основних питань реєстрації нещасних випадків та обліку виробничого травматизму була розроблена база даних із відповідним функціоналом, який би спрощував роботу інженера з охорони праці. Як система управління базами даних використовувалась MS Access, оскільки цей програмний продукт входить у стандартний пакет MS Office, який набув широкого поширення майже на всіх підприємствах України.

Для більш простої та зрозумілої навігації по структурі бази даних, вона побудована на основі чотирьох форм (рис. 1). Переведення бази даних у вигляд навігаційних форм забезпечує спрощення сприйняття інформації користувачем, збільшення швидкості пошуку необхідних даних та утворює більш приємний для роботи інтерфейс.

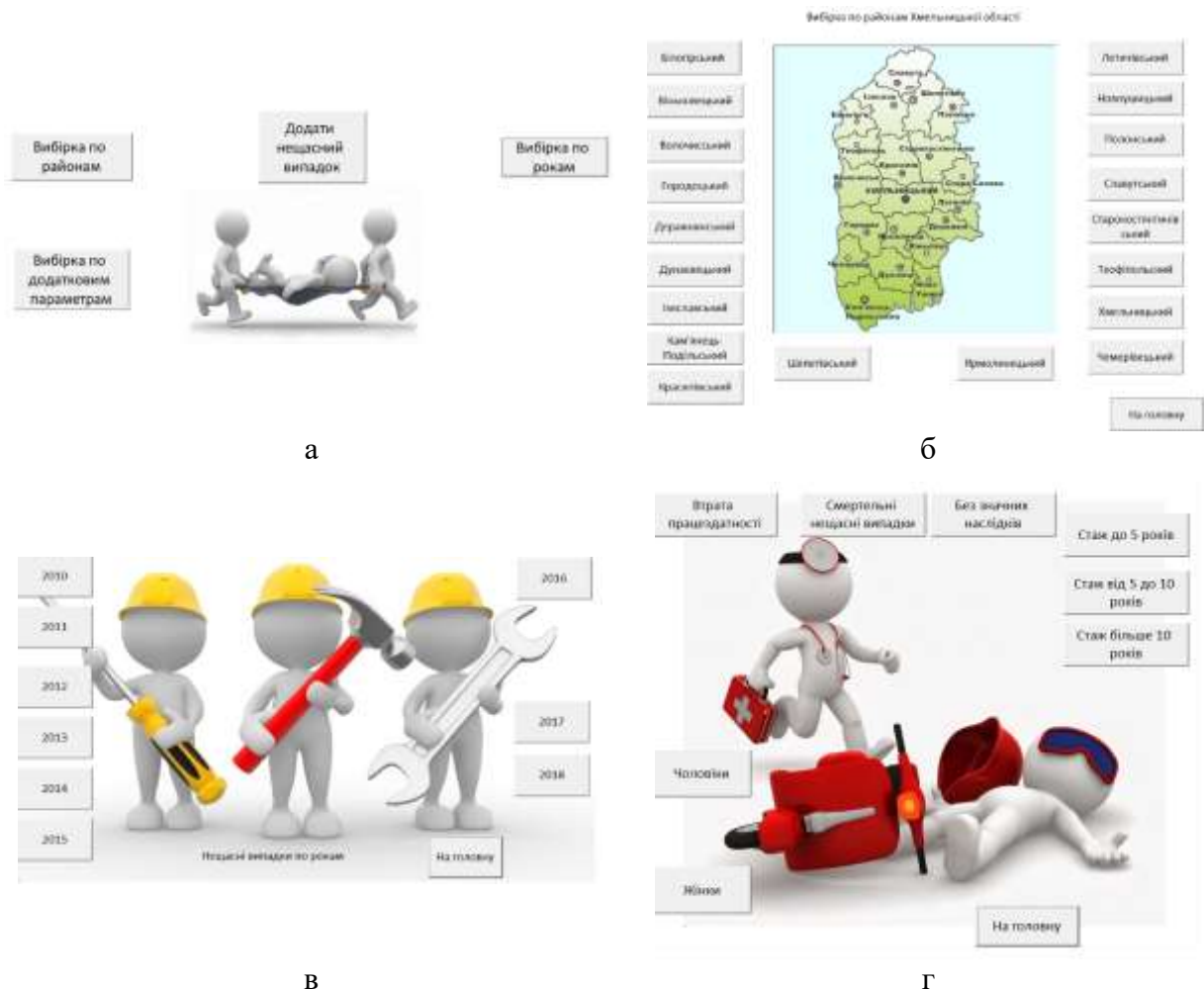


Рисунок 1 - Навігаційні форми розробленої бази даних по нещасним випадкам:  
 а – головна форма; б – аналіз травматизму по районах; в – аналіз травматизму по рокам (статистика); г – аналіз травматизму по статі та стажу роботи

У розробленій базі даних по виробничому травматизму з метою її структурування та отримання детальних даних по нещасним випадкам, які трапилися у районах Хмельницької області було створено окрему форму (рис. 1, б). На даній формі реалізовано відображення вибірки статистики нещасних випадків у відповідному районі Хмельницької області.

Аналогічним чином було створено форму для швидкого отримання статистичної інформації по травматизму у Хмельницькій області по рокам (рис. 6, в). Крім того, на четвертій формі було реалізовано вибірку даних по наступним параметрам:

- за наслідками нещасних випадків (втрата працездатності, смертельні нещасні випадки, без значних наслідків, тощо);
- аналіз травматизму залежно від статі потерпілих;
- аналіз травматизму залежно від стажу роботу потерпілого.



Висновок: в розробленій базі даних по нещасним випадкам було реалізовано основний функціонал, який оптимізує роботу із великою кількістю статистичної інформації по виробничому травматизму, а саме: реєстрація нещасних випадків, реєстрація професійних захворювань та аналіз травматизму за різними параметрами. Звісно, основним недоліком використання такої бази даних є те, що в ній не реалізований автоматичний документообіг при веденні документації з розслідування нещасних випадків. Але такий підхід дозволяє спростити роботу із великою кількістю інформації по реєстрації нещасних випадків та професійних захворювань, дозволяє проводити аналіз виробничого травматизму, зберігає цілісність даних, мінімізує людський фактор і, як наслідок, зменшує кількість помилок.

Такий підхід представляє собою один із можливих шляхів вирішення проблеми відсутності відповідного спеціалізованого програмного забезпечення. База даних по нещасним випадкам може використовуватись як на кожному окремому підприємстві, так і у відповідних органах опрацювання результатів виробничого травматизму, наприклад у Фонді державного соціального страхування або Держпраці.

Список використаних джерел

1. Соколан Ю.С. Проблематика забезпеченості спеціалізованим програмним забезпеченням в сфері охорони праці. Всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку охорони праці». Львів. 2021. с. 16-17
2. Соколан Ю.С., Романішина О.В. Аналіз спеціалізованого програмного забезпечення з охорони праці для реєстрації нещасних випадків та аналізу травматизму. Вісник Хмельницького Національного Університету. №1, 2021. с. 58-66
3. Соколан Ю.С., Ромінашина О.В. Аналіз програмного забезпечення для навчання та перевірки знань з питань охорони праці. Вісник Хмельницького Національного Університету. №4, 2020. с. 76-84

УДК 699.8

Шляхи удосконалення охорони праці та цивільної безпеки  
за допомогою сучасних інноваційних технологій

**РЕЖИМИ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСНИХ СПОРУД**

О. Романішина, Д. Олійник  
*Хмельницький національний університет*

Кожен громадянин відповідно до Конституції України має право на захист свого життя і здоров'я від наслідків надзвичайних ситуацій - аварій, катастроф, стихійних лих, воєнізованих конфліктів, випадків тероризму, а також право вимагати гарантоване забезпечення реалізації цього права від органів виконавчої влади, керівників підприємств, організацій, установ незалежно від форм власності і підпорядкування.

Аналіз вітчизняного та міжнародного досвіду показує, що для захисту населення найбільш ефективнішим та перспективнішим є пристосування вже існуючих приміщень під укриття, зокрема заглиблених (підвалів, підземних переходів, підземних гаражів, гірничих виробок тощо). На сьогоднішній день такі рішення найчастіше приймаються у багатьох державах світу.

Значення терміну «захисна споруда цивільного захисту» вказує на інженерні споруди, призначенням яких захист населення від впливу небезпечних факторів надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів. Бомбосховище, яким найчастіше у побуті називають такі споруди, лише один з типів таких споруд.

Захисні споруди можуть бути збудованими окремо (як підземні, так й такі, що мають надземні частини), так і як частина будинку (підвал, цокольний поверх), або міської інфраструктури (метрополітен).

Споруди фонду захисних споруд мають утримуватися та експлуатуватися у стані, що дозволяє привести їх у готовність до використання за призначенням у визначені

законодавством терміни. Під час експлуатації захисних споруд не допускається виконання заходів, що знижують їх захисні властивості, надійність та безпеку.

Місця розташування споруд фонду захисних споруд позначаються за допомогою табличок (написів) та покажчиків руху до них.

У приміщенні встановлюється індикатор-сигналізатор ДП-64 – для визначення наявності радіоактивного зараження зовні сховища. Кожне сховище має два входи, які розташовані у протилежних сторонах. Вони обладнаються у вигляді шлюзових камер (тамбурів), відділених від основного приміщення герметичними дверми. Для сховищ місткістю до 600 людей обладнується однокамерний тамбур-шлюз, а більше 600 людей – двох камерний [2].

Максимальний запас води в проточних ємностях створюють із розрахунку[1]:

- 6 літрів для пиття, тобто 18 літрів на 3 дні на 1 людину, яка перебуватиме в укритті;
- 4 літра для санітарно-гігієнічних потреб на кожного чоловіка, що знаходиться в укритті, на весь розрахунковий термін перебування;
- у сховищах, місткістю 600 кожного чоловіка, що знаходиться в укритті і більше – додатково для гасіння пожеж 4,5 м<sup>3</sup>.

Для очищення води у сховищах створюється запас хлорного вапна, з розрахунку – на 1 м<sup>3</sup> води – 8-10 г. хлорного вапна.

Розрахунковий час безперервного перебування у сховищі – 2-3 доби.

1-й режим роботи: «ЧИСТОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ», включається після заповнення захисної споруди людьми, що укриваються в сховищі, по сигналу «ПОВІТРЯНА ТРИВОГА», при відсутності зараження.

Повітря при роботі в цьому режимі очищається тільки за допомогою протипильного сітчастого фільтра. Продуктивність однієї комірки протипильного сітчастого фільтра – 1000-1300 м<sup>3</sup>/год. [2].

Норма подачі повітря встановлюється залежно від температури повітря та складає 8-13 м<sup>3</sup>/год на людину [5].

2-й режим роботи: «ФІЛЬТРОВЕНТИЛЯЦІЇ», включається після заповнення захисної споруди людьми, що укриваються в сховищі, коли повітря отруєне сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР), отруйними речовинами (ОР), бактеріальними засобами (БЗ) або радіоактивними речовинами (РР). При цьому повітря, крім протипильних сітчастих фільтрів очищається фільтрами-поглиначами типу ФП-100, ФП-200, ФП-300 або фільтровентиляційними агрегатами ФВА-49, які працюють за принципом фільтруючого протигаза.

Норма подачі повітря з розрахунку на одну людину [2]:

- для людей, що потребують укриття протягом 12 годин – 2 м<sup>3</sup>/год;
- для пунктів управління – 5 м<sup>3</sup>/год;
- для нетранспорتابельних хворих – 10 м<sup>3</sup>/год.

У захисних спорудах, які зводяться у мирний час для очищення повітря, застосовуються промислові ФВУ, а в швидкоспоруджуваних у якості фільтрів можуть використовуватися фільтруючі властивості різних природних матеріалів (тобто фільтруючі властивості ґрунтів).

3-й режим роботи: «ПОВНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ». При роботі сховища в цьому режимі необхідна регенерація повітря, що знаходиться в сховищі. Для цього використовують регенеративні патрони, з розрахунку: один – поглинає 20 літрів вуглекислого газу за годину на одну людину, що потребує укриття.

Дефіцит кисню у сховищі компенсується подачею кисню з балонів, з розрахунку: 25 літрів кисню за годину на одну людину або за допомогою регенеративних установок конвекційного типу.

Дія регенеративних установок заснована на використанні властивостей надперекісних з'єднань калію або натрію. А саме те, що 1 кг надперекиси калію може забезпечити:

- виділення – до 250 л кисню;
- поглинання – до 150 л вуглекислого газу.

Для охолодження повітря, що надходить у сховище із зони пожежі, використовують теплові фільтри із гравію. Товщина гравійного фільтра повинна бути – 0,8-1 м, виходячи з його продуктивності: 1 м<sup>3</sup> гравію за годину охолоджує 150 м<sup>3</sup> повітря [2].

Список використаних джерел

1. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс : [прийнято Верх. Радою 02.10.2012 р.: станом на 01.01.2022 р.] // Відомості Верховної Ради. – 2013. – № 34-35. – С. 458.
2. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони : ДБН В 2.2.5-97: Норми. – 1998-01-01. – К. : Держкоммістобудування України, 1998. – 22 с.

УДК 613.23

Трибологічні і матеріалознавчі проблеми в інженерії та на транспорті

**МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В  
МЕХАНІЧНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ**

О. Тимошук

*Хмельницький національний університет*

За певними правилами дослідження надійності технічних об'єктів, що знаходяться в експлуатації, з технологічних міркувань проводиться на окремих партіях однотипних підконтрольних технічних об'єктів або їх агрегатів, що утворюють вибірку генеральної сукупності. В результаті одержують наближені оцінки показників надійності, які можуть бути двох видів: точкові та інтервальні.

Оцінка якого-небудь показника, яка представлена одним значенням, називається точковою.

Інтервальна оцінка являє собою деякий інтервал  $\Delta_\alpha$ , що називається довірчим. Всередині інтервалу з заданої ймовірності  $\alpha$ , що також називається довірчим, знаходиться шукане значення показника надійності. На практиці приймають  $\alpha = 0,9$  чи  $0,95$  [1].

При будь-якому законі розподілу напрацювання довірчий інтервал описується рівнянням:

$$\Delta_\alpha = ( \bar{t} - t_\beta \cdot \sigma_k ; \bar{t} + t_\beta \cdot \sigma_k ), \quad (1)$$

де  $\sigma_k = \sigma_t / \sqrt{n_b}$ ;  $\bar{t}$  - точкова оцінка показника надійності у вигляді середнього значення;  $\sigma_t$  - середнє квадратичне відхилення показника;  $t_\beta$  - квантиль розподілу Стьюдента;  $n_b$  - обсяг вибірки.

Значення  $t_\beta$  в залежності від довірчої ймовірності  $\alpha$  і обсягу вибірки  $n_b$  приведені в додатку Д [2].

Крайні значення  $\Delta_\alpha$  називають відповідно нижньою і верхньою довірчими границями розсіювання показника надійності; величину  $\varepsilon = t_\beta \cdot \sigma_k$  - абсолютною випадковою помилкою спостерігача.

При нормальному розподілі (НР) напрацювання довірчий інтервал описується наступним виразом:

$$\Delta_\alpha = ( \bar{t} - U_\beta \cdot \sigma_t ; \bar{t} + U_\beta \cdot \sigma_t ), \quad (2)$$

де  $U_\beta$  - квантиль НР (додаток Д).

Зіставляючи чисельні розрахунки за виразами (1) і (2), можна помітити, що в другому випадку інтервал  $l_\beta$  значно вужчий, тобто достовірність статистики стає поліпшеною.

Визначення мінімального числа об'єктів спостереження  $n_b$  (обсягу вибірки) при заданій довірчій ймовірності  $\beta$  і відносній точності  $\delta = \varepsilon / t$  зручно проводити за методом проф. В. Міхліна [2], сутність якого полягає в наступному:

1. За результатами попередніх випробувань обчислюють середнє значення напрацювання об'єктів до відмови і середнє квадратичне відхилення  $\sigma_t$ .

2. Визначають коефіцієнт варіації  $V$ .

3. За величиною  $V$ , визначають закон розподілу напрацювання: при  $0 \leq V \leq 0,33$  – НР, при  $V > 0,33$  частіше РВ, іноді НР при  $V = 1,0$  – ЕР.

4. Вибирають задану відносну точність випробувань  $\delta$  у межах 0,05...0,25 і довірчу ймовірність  $\beta$  у межах 0,80...0,95.

5. Визначається обсяг вибірки  $n_b^*$  для випадку якщо загальне число об'єктів, що працюють у даній зоні,  $N \geq 10000$ .

6. Проводять корегування числа  $n_b^*$  в бік зменшення за відомим графіком, якщо  $N < 10000$ ; у протилежному випадку приймають  $n_b = n_b^*$ .

В багатьох випадках замість додатку Д зручніше використовувати для знаходження  $n_b^*$  номограми Хазова [2].

Застосовують наступну послідовність пошуку по цих номограмах:

$$(V) \rightarrow (\varepsilon) \rightarrow (\alpha) \rightarrow (n_b^*).$$

За результатами випробувань на надійність, партії підконтрольних машин (агрегатів) здійснюють побудову статистичного (дослідного) розподілу напрацювання. Потім для нього підбирається адекватний теоретичний розподіл, за допомогою якого можна з достатньою точністю визначати показники надійності машин, що входять в генеральну сукупність.

Процес заміни статистичного розподілу адекватним теоретичним називають вирівнюванням (чи згладжуванням) статистичної інформації. Попередньо вигляд передбачуваного теоретичного розподілу (нуль-гіпотеза) оцінюють візуально за полігоном частот і за величиною коефіцієнта варіації  $V$ : при  $V \geq 0,52$  – РВ, при  $V \leq 0,33$  – НР, при  $0,33 < V < 0,52$  – РВ чи значно рідше НР, при  $V = 1,0$  – ЕР.

Одночасно враховують область застосування того чи іншого закону розподілу: – НР використовується при розрахунках до – і міжремонтних ресурсів машин чи їхніх агрегатів; періодичності ТО, затрат часу на відновлення працездатності машин; ресурсів деталей, що залежать від зносу; – РВ – використовується для визначення напрацювання машин і їхніх агрегатів на відмову; ресурсів деталей, що залежать від утомленого руйнування чи старіння для оцінки відмов в процесі припрацювання і т.п.; – ЕР – використовують при описі раптових відмов автомобілів та їх складових частин у період нормальної експлуатації; тривалості ремонтних впливів і ін.

Стосовно до автомобільної техніки має місце наступна поширеність основних законів розподілу: РВ – 55%; НР – 35%; ЕР – 4%.

Найбільш точно адекватний теоретичний розподіл вибирається за допомогою графічних методів з обов'язковою перевіркою ймовірності збігу не менш ніж за двома критеріями узгодження.

Сутність графічних методів полягає в наступному. Для попередньо обраного теоретичного розподілу  $f(t)$  підбирають таке перетворення координат  $x = v(t)$ ;  $y = v(f)$ , при якому графік функції  $x = v(y)$  перетворюється в пряму лінію. Ця лінія відповідає теоретичному розподілу  $f(t)$  і називається інтегральною лінією.

Якщо на отриманий графік нанести точки статистичного розподілу і вони співпадуть з інтегральною лінією або будуть згруповані навколо неї, то слід вважати, що теоретичний розподіл є адекватним статистичному.

Список використаних джерел

1. Ремонт машин / Сідашенко О.І., Поліський А.Я., Науменко О.А. та ін./ За ред. О.І. Сідашенка та О.А. Науменка. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – 739 с.
2. Міхлін В.М. Прогнозування технічного стану машин / В.М. Міхлін. – К.: Техніка, 2001.–174 с.

УДК 621.891      Трибологічні і матеріалознавчі проблеми в інженерії та на транспорті

### **АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ В ТРИБОТЕХНІЦІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ КУЛІНАРНИХ ОЛИВ**

М. Гетьман, О. Диха

*Хмельницький національний університет*

Останнім часом у світі все частіше постає актуальне питання щодо мінімалізації використання мастила для промисловості, отриманого з нафти. Це питання має декілька основних складових, таких як: екологічність, економічна рентабельність. Саме через ці основні показники багато промислових галузей світу вдаються до використання саме відпрацьованої кулінарної оливи [1]. Використання переробленої відпрацьованої оливи має ряд переваг відносно використання мастильних матеріалів які виготовлені з нафти. Найголовнішою перевагою є саме екологічність, тому як відходи мастила виготовленого з відпрацьованої рослинної оливи набагато швидше розкладаються, а забруднення ними навколишнього середовища майже відсутнє [3]. Враховуючи екологічну ситуацію на планеті, проблеми глобального потепління, а також проблеми забруднення світового океану можна чітко констатувати що за використанням відпрацьованої рослинної оливи стоїть майбутнє. Простий фізико-хімічний склад використаної соняшникової оливи дає можливість використовувати її в таких галузях як матеріалознавство, хімічна інженерія та прикладна хімія [2].

Також серйозною проблемою таких великих та розвинених держав як Китай та Індія стала проблема утилізації відпрацьованої кулінарної оливи (ВКО). Оскільки утилізація в основному здійснюється в навколишнє середовище, забрудненню піддаються ґрунти та ґрунтові води, засмічуються стічні канали, а також стічні води. Незаконна утилізація ВКО створює неприємність для навколишнього середовища, виділяє неприємні запахи, забруднює наземні середовища існування та отрує водних тварин. Тому уряди великих країн роблять усе для того щоб використання ВКО в майбутньому повністю могло замінити собою мастильні та паливні матеріали, якими ми звикли користуватись. У зв'язку з цим, можна рекомендувати, що використання відходів рослинних олив після процесу смаження може бути як дешева та доступна заміна різного роду продуктів, які виготовляються шляхом переробки нафти.

За останні п'ять років з'явилися нові шляхи для біотехнологічного повторного використання ВКО з використанням різних стратегій і технологій. Деякі з технологій включають сировину для виробництва біопалива, біомастильних матеріалів та інших продуктів. Щоб мінімізувати вплив ВКО на навколишнє середовище, використовуються методи мінімізації відходів, такі як зменшення відходів, переробка та утилізація відходів. Різні біотехнологічні шляхи використання ВКО призводять до мінімізації відходів, зниження вартості утилізації відходів і використання відходів для виробництва відновлюваного джерела енергії [3]. Ці підходи сприяють циркулярній економіці за рахунок зниження витрат, забезпечення внутрішнього енергопостачання, використання матеріалів і зменшення викидів CO<sub>2</sub>. Стіжке перетворення ВКО сприяє зусиллям щодо

досягнення Цілей сталого розвитку ЄС, включаючи чисту воду та санітарію, доступну та чисту енергію, запобігання забрудненню водних і наземних середовищ існування, кліматичні дії та стійкі міста та громади.

ВКО відносяться до сімейства використаних рослинних олій, які вважаються відходами небезпечними для навколишнього середовища. Річний загальний обсяг виробництва використаних рослинних олій перевищує 190 мільйонів тонн, при цьому Європейський Союз (ЄС) вносить близько 1 мільйона тонн на рік. Належне поводження з ВКО є обов'язковим у багатьох країнах і зараз є предметом політичної дискусії в інших. Проблемних питань щодо поводження з ВКО в основному два: стратегія утилізації-збору та реконверсія відходів [2].

Що стосується рециклінгу ВКО, вони можуть бути використані як основна сировина в багатьох промислових підприємствах, таких як виробництво біомастильних матеріалів або палива, або як добавки до асфальту і корми для тварин. Інші можливі варіанти застосування ВКО суворо пов'язані з їх хімічними складовими речовинами в композиції. ВКО в основному є сумішшю тригліцеридів і жирних кислот, забруднених деякими похідними під час процесу смаження, такими як вільні жирні кислоти (ВЖК), гетероцикли, продукти реакції і металеві залишки, походять від інструменту і вимивання їжі [2]. Естери на основі синтетичних і рослинних олій є найкращим вибором для розробки екологічно чистих мастильних матеріалів. Розроблені продукти знаходять застосування в рідинах для трансмісії автомобілів, рідинах для обробки металів, маслах для холодної прокатки, вогнестійких гідравлічних рідинах, індустриальні трансмісійні мастила, чисті мастила для різання та мастила для автомобільних трансмісій окремо або у складі.

Але навіть такі економічні та екологічні переваги оливи на основі біологічно чистих речовин не дають нам можливість повністю замінити ними мастила створені з нафтопродуктів. Мастильні матеріали виготовлені з відпрацьованої кулінарної олії мають цілий ряд недоліків таких як: низький рівень термотекучості, низьку термоокислювальну здатність, а також низьку гідравлічну стабільність. Тому для того щоб ми могли з впевненістю використовувати такі мастильні матеріали в промисловості, їх необхідно для початку піддати переробці, хімічній модифікації. Для прикладу можна розглянути два основних типи обробки відпрацьованої кулінарної олії, такі як:

1) Хімічне перетворення, щоб використовувати хімічні функціональні групи, присутні у відходах, для синтезу продуктів із доданою вартістю.

2) Фізичні обробки такі як: очищення, фільтрація, екстракція, дистиляція [2].

Такий тип обробки як хімічне перетворення в основному використовується для отримання паливних матеріалів. На відміну від хімічної обробки – фізичні процеси, такі як очищення та фільтрація використовуються саме для того щоб можна було використовувати мастильні матеріали на основі відходів кулінарної оливи в процесах змащування.

Таким чином, використання відпрацьованої кулінарної олії як мастила може зменшити забруднення навколишнього середовища та вирішити проблему переробки відходів. Необхідні трибологічні властивості таких мастильних композицій можуть бути досягнуті за допомогою екологічно чистих присадок, ефективних для різних за складом відпрацьованих харчових масил.

Список використаних джерел

1. M.P. Prathviraj , Augustine Samuel , K. Navayan Probhu , 2020 : Reprocessed waste sunflower cooking oil as quenchant for heat treatment.
2. Alberto Mannu , Sebastiano Garroni , Jesus Ibanez Porras and Andrea Melle, 2020 : Available Technologies and Materials for Waste Cooking Oil Recycling
3. Awisha Crowdhury , Debaraty Mitra , Dipa Biswas , 2012 : Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical esterification

**СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДНОГО МЕХАНІЗМУ ТРЕТЬОГО КЛАСУ  
З ДВОМА ВЕДУЧИМИ ЛАНКАМИ**

С. Кошель<sup>1</sup>, Г. Кошель<sup>2</sup>

*Київський національний університет технологій та дизайну<sup>1</sup>  
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»<sup>2</sup>*

В сучасних машинах легкої промисловості для забезпечення технологічного процесу використовують механізми з просторовими [1] та плоскими [2] структурними групами ланок, що дозволяють отримувати необхідні траєкторії робочих органів обладнання за певними законами руху. Як правило, групи ланок третього [3, 4] та вище [5, 6] класів є складними, тому для визначення послідовності подальшого дослідження механізмів на їх основі [7, 8, 9] необхідно проводити структурний аналіз.

Розглянемо складний механізм третього класу (рис. 1), що складається з ведучих ланок 1 та 2, які з'єднані зі стояком 0 та інших ведених ланок 4 ÷ 6, серед яких ланки 3, 4, 6 – шатуни, 5 – коромисло.

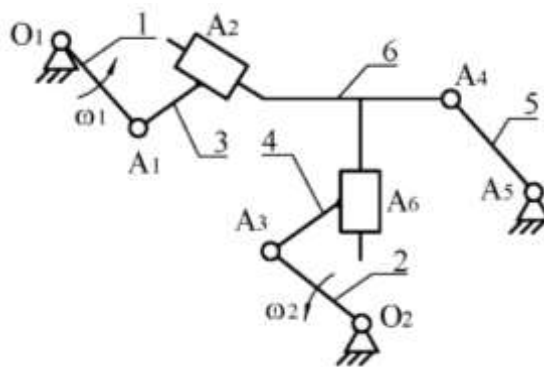


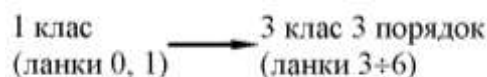
Рисунок 1 - Складний механізм третього класу з двома ведучими ланками

Механізми першого класу ( ланки 0, 1 та - 0, 2) разом з структурною групою третього класу третього порядку, до складу якої надходить сукупність чотирьох рухомих ланок 3÷6 (n=4) разом з шістьма кінематичними парами п'ятого класу A<sub>1</sub> ÷ A<sub>6</sub>, (p<sub>5</sub>=6) утворюють механізм третього класу з ступенем вільності два та двома ведучими кривошипями, формула будови якого:



Метою роботи є проведення структурного аналізу механізму з структурною групою ланок третього класу третього порядку за допомогою способу, в якому умовно змінюється початковий механізм, що призводить до визначення такої послідовності дослідження, для якої спостерігається зменшення класу механізму з одночасним спрощенням його подальшого аналізу. При проведенні дослідження враховуємо структурну особливість механізму - двох ведучих ланок.

Вважаємо кривошип 2 механізму умовно нерухомим. З формули будови механізму маємо формулу де ведучою ланкою є кривошип 1:



Досліджуємо механізм в послідовності, яка обумовлена іншою умовно можливою ведучою ланкою 5. Якщо за початковий механізм вибрати сукупність ланок 0, 5 - формула будови механізму має вигляд:

$$\begin{array}{ccc} \text{1 клас} & \longrightarrow & \text{2 клас 2 порядок 3 вид} & \longrightarrow & \text{2 клас 2 порядок 2 вид} \\ \text{(ланки 0, 5)} & & \text{(ланки 4, 6)} & & \text{(ланки 1, 3)} \end{array}$$

Якщо ведучою ланкою умовно вибрати ланку 4, то зміни в формулі будови механізму спостерігаються в структурній групі, яка безпосередньо приєднана до такого початкового механізму:

$$\begin{array}{ccc} \text{1 клас} & \longrightarrow & \text{2 клас 2 порядок 2 вид} & \longrightarrow & \text{2 клас 2 порядок 2 вид} \\ \text{(ланки 0, 4)} & & \text{(ланки 5, 6)} & & \text{(ланки 1, 3)} \end{array}$$

Вважаємо кривошип 1 механізму умовно нерухомим, тоді маємо механізм:

$$\begin{array}{ccc} \text{1 клас} & \longrightarrow & \text{3 клас 3 порядок} \\ \text{(ланки 0, 2)} & & \text{(ланки 3+6)} \end{array}$$

Структурно досліджуємо його в послідовності, яка обумовлена іншою умовно можливою ведучою ланкою 5. Формула будови механізму набуває вигляду:

$$\begin{array}{ccc} \text{1 клас} & \longrightarrow & \text{2 клас 2 порядок 3 вид} & \longrightarrow & \text{2 клас 2 порядок 2 вид} \\ \text{(ланки 0, 5)} & & \text{(ланки 3, 6)} & & \text{(ланки 2, 4)} \end{array}$$

Якщо ведучою ланкою умовно вибрати ланку 3, маємо:

$$\begin{array}{ccc} \text{1 клас} & \longrightarrow & \text{2 клас 2 порядок 2 вид} & \longrightarrow & \text{2 клас 2 порядок 2 вид} \\ \text{(ланки 0, 3)} & & \text{(ланки 5, 6)} & & \text{(ланки 2, 4)} \end{array}$$

Виконано структурне дослідження механізму третього класу третього порядку з двома ведучими кривошипами, що базується на положеннях про властивість механізмів вищих класів змінювати свій клас в залежності від умовно обраного іншого можливого початкового механізму. Отримано формули будов механізмів другого класу, за якими можна визначитись з послідовністю подальшого аналізу механізму третього класу, урахування яких дозволить отримати результати розрахунків з більшою точністю.

Список використаних джерел

1. Zalubovskiy M.G. Synthesis and analysis of spatial seven-link mechanisms without excessive connection of machine for detail processing // M.G. Zalubovskiy, I.V. Panasyuk., S.O. Koshel, G.V. Koshel / Int. Appl. Mech – 2021. – Vol. 57, No. 4, P. 466-477.
2. Koshel S.O. Kinematic analysis of complex planar mechanisms of higher classes // S. O. Koshel', V. M. Dvorzhak, G. V. Koshel', M. G. Zalyubovskiy / International Applied Mechanics, Vol. 58, No. 1, 2022 P. 111-122.
3. A. Zhauyt, G. Mamatova, G. Abdugalieva, K. Alipov, A. Sakenova, A. Alimbetov, The kinematic analysis of flat leverage mechanism of the third class. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, Vol. 250, pp. 1-6, DOI: 10.1088/1757-899X/250/1/012006
- 4 Koshel S. Structural analysis of the mechanism with a third-class structure group of the fourth order / S. Koshel, A. Koshel //Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi - 2019.- №1 P. 29-34
5. B. Tultayev, G. Balbayev, A. Zhauyt, A kinematic analysis of flat leverage mechanism of the fourth class for manipulators. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, Vol. 230, pp. 1-7, DOI: 10.1088/1757-899X/230/1/012047
- 6 Koshel S. Analysis of fourth-grade flat machines with movable close-cycle formed by the rods and two complex links / S. Koshel, A. Koshel //Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi - 2016.- №2 P. 9-13
- 7 Дворжак В. М. Силовий аналіз механізму коливального руху вушкових голок основов'язальної машини / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2019. – № 3 (134). – С. 26-35.
8. I. A. S. Leharika and T. V. K. Bhanuprakash, Kinematic analysis of planar and spatial mechanisms using Mathpack, International Research Journal of Engineering and Technology, 2018, 5(11) 416-421, DOI: 10.1088/1757-899X/659/1/012019
9. Koshel S. Definition of accelerations of points of a plane mechanism of the fourth class by graph-analytical method / S. Koshel, A. Koshel //Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi - 2018.- №2 P. 28-33.



**НЕЙЛОН, ЯК ВИХІДНА СИРОВИНА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГОТОВИХ ВИРОБІВ МЕТОДОМ 3D-ДРУКУ**

А. Поліщук<sup>1</sup>, О. Поліщук<sup>1</sup>, С. Лісевич<sup>1</sup>, М. Бонек<sup>2</sup>  
*Хмельницький національний університет<sup>1</sup>*  
*Сілезький технологічний університет<sup>2</sup>*

Сучасна легка промисловість використовує для виготовлення одягу і предметів побуту різноманітні типи сировини. Серед синтетичних полімерів лідируючу позицію у світі займає нейлон (Nylon) - волокна, які з'явилися завдяки активній еволюції нафтопереробної галузі. Нейлон - різновид синтетичного матеріалу. Це загальна назва сімейства синтетичних полімерів, що складаються з поліаміду (ПА), які являють собою ланки, що повторюються, пов'язані амідними зв'язками. Він представляє собою термопластичний матеріал. Його можна переробляти у розплавленому вигляді в волокна, плівки або формувати із нього у прес-формі необхідні вироби. Нейлонові полімери можна змішувати з різними добавками для отримання матеріалів із заданими властивостями.

Існує багато типів нейлонових полімерів серед яких найбільш поширеними є: нейлон 1,6; нейлон 4,6; нейлон 510; нейлон 6; та нейлон 6,6.

Нейлон 1.6. Має високу вологопоглинаючу здатність через значну щільність амідних залишків у полімері. Він зазвичай не використовується для виготовлення тканин.

Нейлон 4.6. Має більш високу температуру плавлення в порівнянні з іншими типами нейлону. В основному його використовують як компоненти двигунів (трансмсії, гальма, системи повітряного охолодження). Його перевагами є більш висока температура теплової деформації, більш висока кристалічність в порівнянні з деякими типами нейлону.

Нейлон 510. Він має чудові властивості, але його виробництво є вартіснішим. Виробництво тканин із цього полімеру не здійснюється. Використовується в більшості випадків в промислових та наукових цілях. До його переваг можна віднести міцність і довговічність. До недоліків - висока вартість виробництва.

Нейлон 6. Волокна нейлону 6 міцні, мають високу міцність на розтяг, еластичність і блиск. Його температура плавлення становить 215 °С. Застосовується у багатьох галузях промисловості, зокрема: автомобільній, електронній, електротехнічній, авіабудуванні, швейній промисловості тощо.

Переваги нейлону 6 полягають у тому, що його волокна не мнуться і мають високу стійкість до стирання та хімічних речовин, таким як кислоти та луги. Недоліком є те, що його відносно важко переробляти через виключно низьку в'язкість розплаву.

Нейлон 6,6. Він є більш кристалічною версією нейлону 6. Його також називають поліамідом 66 або ПА 66. Він має поліпшені механічні властивості завдяки його більш впорядкованій молекулярній структурі. Нейлон 6,6 для механічної обробки має покращену термостійкість і нижчі показники водопоглинання порівняно зі стандартним нейлоном 6. Застосування нейлону 6,6 включає зносостійкі накладки, напрямні колеса та підшипники ковзання. Його переваги полягають у тому, що межа текучості вище, ніж у нейлону 6 і нейлону 610. Він має високу міцність, ударну в'язкість, жорсткість і низький коефіцієнт тертя в широкому діапазоні температур. Крім того, він маслостійкий і стійкий до хімічних реагентів та розчинників. Недоліками нейлону 6,6 є його висока гігроскопічність, знижена в'язкість в сухому середовищі, складність контролю процесу формування.

Нейлон 66 (анід), зазвичай випускається у вигляді моноволокна або комплексних ниток. Йде на виготовлення панчішно-шкарпеткових виробів, штучного хутра та ін. Щільність нейлону даного типу становить 1,14. Це найпоширеніший поліамід, об'єм якого на ринку становить понад 40%.

Найчастіше для лиття пластмас під тиском використовується нейлон типу PA6 і PA66. Нейлон має чудову міцність, жорсткість, термостійкість, зносостійкість і змашувальні властивості, а також хімічну стійкість до вуглеводнів.

Крім того, нейлон має відносно низьку вартість порівняно з характеристиками технічних полімерів, простий в обробці і може бути армований скловолокном або вуглецевим волокном для підвищення механічних і термічних властивостей.

В зв'язку із широким колом властивостей даний матеріал знайшов використання в різних галузях промисловості.

Поліаміди знайшли застосування у 3D-друку. Так, на зміну PLA та ABS-пластику прийшов друк нейлоном. Це технологічний матеріал, який дозволяє створювати об'ємні моделі із мінімальними зусиллями на професійному рівні.

Полімерний матеріал - матеріал, який легко піддається переробці і може використовуватися в другому циклі без втрати основних властивостей. З вторинного пластику виробляють безліч предметів, необхідних у повсякденному житті. З них виготовляють: будівельні матеріали (черепицю, тротуарну плитку тощо); сумки, валізи та рюкзаки, які нічим не поступаються виробам із первинної сировини; спортивний інвентар, велосипеди тощо; пакети, пакувальні матеріали; одяг (костюми, куртки, футболки), взуття (спортивні кросівки); меблів (столи, стільці, лавки); дорожні покриття та інше.

Сьогодні глобальна проблема може стати глобальним джерелом доходу та справжнім порятунком для всього живого. Коли гори пластикового сміття займають цілі полігони, перебуває все більше людей, які заробляють на його переробці. Необхідність переробки пластикових відходів викликана не лише великою кількістю сміття, а й потребою багатьох сучасних підприємств у вторинній сировині. Таким чином бізнес, побудований на переробці пластикових відходів та виготовленні вторинної сировини, сьогодні є одним із найперспективніших.

Завдяки своїм фізичним та хімічним властивостям, полімерний матеріал може проходити нескінченну кількість циклів виробництва та переробки. Розробка нових технологій та обладнання для переробки допоможуть вирішити проблему надлишків пластикових відходів, а в перспективі усунути необхідність виробництва нового полімерного матеріалу.

Адитивні технології – є одними з головних світових трендів, що згадуються в контексті нової промислової революції. Ринок товарів, виготовлених за допомогою таких технологій, практично ще не сформований, не має чітких меж, варіюється в межах 20-30% та має тенденцію до швидкого зростання [1].

Пропонується використати подрібнені відходи нейлону як вихідну сировину для створення виробів методом 3D-друку.

Запропонована технологія переробки полімерних відходів у готові вироби методом 3D-друку включає наступні операції: сортування; дроблення; очищення, промивання, сушіння (деякі подрібнені матеріали можуть не потребувати виконання даної операції); нагрівання подрібненого матеріалу в екструдері 3D-принтера та екструзія розплавленого полімеру; формування готового виробу методом пошарового накладання розплавленого полімеру.

Список використаних джерел

1. Zozulia P., Pyshcheniuk N., Skyba M., Polishchuk O., Malec M. General classification of 3D printing. Actual problem of modern science. Monograph: editer by Musial J., Polishchuk O., Sorokatyi R. Bydgoszcz, Poland, - 2017. - P.413-421.

Збірник наукових праць

# ТЕХНІЧНА ТВОРЧІСТЬ

Відповідальний за випуск:  
д.т.н., проф. Поліщук О.С.

Здано до друку 10. 12. 2022 р.  
Гарнітура: Times New Roman, Arial. Умовн. друк. арк. 4,7