



ЛУЦЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

З ПРОБЛЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ І НАУКИ

ТК-2022

«ПРОГРЕСИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ
АВТОМАТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ»

м. Луцьк, УКРАЇНА

28-30 травня 2022 року



LUTSK
NATIONAL
TECHNICAL
UNIVERSITY

**З ВІРОЮ У ПЕРЕМОГУ
ТА УКРАЇНУ!**

COLLECTION OF SCIENTIFIC REPORTS

of VII-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL
CONFERENCE DEVOTED TO PROBLEMS OF
HIGHER EDUCATION AND SCIENCE

TK-2022

«PROGRESSIVE DIRECTIONS OF TECHNOLOGICAL
COMPLEXES DEVELOPMENT»

Lutsk, UKRAINE

May 28-30, 2022

МИ РАДІ ВІТАТИ ВАС У ЛНТУ!

Починаючи з 2010 року, науковці з різних куточків України та світу збираються для обговорення прогресивних напрямків розвитку автоматичних технологічних комплексів та мехатронних роботизованих систем. Цьогоріч теж не стали відмовлятися від онлайн-зустрічі, адже в умовах війни спілкування є дуже важливими як і для науковців, так і для підтримки наших Збройних Сил України.

Особливості проведення наукових досліджень в Україні в умовах військового стану заслуговують на повагу та допомогу міжнародного товариства. Плідна, конструктивна робота, в ім'я здоров'я, збереження сили духу всіх нас і нашої патріотично налаштованої молоді тільки сприятиме розвитку України та науки зокрема.

Сьогодні наука, особливо технічна, виступає на своєму фронті, поруч з нашою армією, у війні з російськими окупантами.

Кращі доповіді будуть рекомендовані до публікації у науковому журналі «Перспективні технології та прилади» за 2022 рік.

Адміністрація Луцького національного технічного університету, науковці нашого ЗВО та команда VII Міжнародної науково-технічної конференції з проблем вищої освіти і науки ТК-2022 «Прогресивні напрямки розвитку автоматичних технологічних комплексів» щиро вітає учасників конференції та впевнена у цікавій, науковій, корисній роботі, впевненості миру нам у завтрашньому дні і перемозі України.

***Ми впевнені, що наступного разу всі зустрінемося
у мирному форматі!***

*Колектив VII Міжнародної науково-технічної конференції
з проблем вищої освіти і науки ТК-2022
«Прогресивні напрямки розвитку
автоматичних технологічних комплексів»*

ГОЛОВА ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ:

ПАЛЬЧЕВСЬКИЙ Богдан Олексійович, *д.т.н., проф.*,
Луцький національний технічний університет



ЗАСТУПНИК ГОЛОВИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ:

ПОВСТЯНОЙ Олександр Юрійович, *д.т.н., проф.*,
Луцький національний технічний університет

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:

prof. **Luis RIBEIRO** (PORTUGAL);
prof. dr hab. inż. **Antoni ŚWIĆ** (POLAND);
prof. dr hab. inż. **J. Lipski**, (POLAND);
prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. **Uwe Heisel** (GERMANY);
prof. Dr. **Mehmed Emin Yüksel** (TURKEY);
prof., Dr. Ing. **Angel Vachev**, (BULGARIE);
prof. Dr. **Emil Manoach**, (BULGARIE);



НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:

д.т.н., проф. **СТРУТИНСЬКИЙ В.Б.** (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»)
д.т.н., проф. **КУЗНЕЦОВ Ю.М.**, (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»)
д.т.н., проф. **ЛАРШИН В.П.** (Одеський національний політехнічний університет);
д.т.н., проф. **ЛУЦІВ І.В.** (Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя);
д.т.н., проф. **КИРИЛОВИЧ В.А.** (Державний університет «Житомирська політехніка»);
д.т.н., проф. **РЕГЕЙ І.І.** (Українська академія друкарства, м. Львів);
д.т.н., проф. **СЕНЬКІВСЬКИЙ В.М.** (Українська академія друкарства, м. Львів);
д.т.н., проф. **СТОЦЬКО З.А.** (Національний університет «Львівська політехніка»);
д.т.н., проф. **ПІСТУН Е.П.** (Національний університет «Львівська політехніка»);
д.т.н., проф. **ФЕДОРИШИН Р.М.** (Національний університет «Львівська політехніка»);
д.т.н., проф. **МАРЧУК В.І.** (Луцький національний технічний університет);
д.т.н., проф. **ПОЛІЩУК Л.К.** (Вінницький національний технічний університет);
д.т.н., проф. **РУДЬ В. Д.** (Луцький національний технічний університет);
д.т.н., член-кор. НАН України, **БАГЛЮК Г.А.** (ІПМ ім. І.М. Францевича НАН України)
к.т.н., доц. **ЗАБОЛОТНИЙ О.В.** (Луцький національний технічний університет).

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

к.т.н., доц. **РЕДЬКО Р. Г.** (кафедра прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ)
к.т.н., доц. **ЛАПЧЕНКО Ю. С.** (кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ЛНТУ)
к.т.н., доц. **ВАЛЕЦЬКИЙ Б. П.** (кафедра прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ)
к.т.н., доц. **ДЕНИСЮК В. Ю.** (кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ЛНТУ)
к.т.н., доц. **ПОЛІНКЕВИЧ Р. М.** (кафедра прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ)
к.т.н., доц. **МАРЧУК І. В.** (кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ЛНТУ)

PROGRAM COMMITTEE CHAIRMAN:

Bogdan PALCHEVSKIY, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Lutsk National Technical University.



PROGRAM COMMITTEE DEPUTY CHAIRMAN:

Oleksandr POVSTIANOI, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Lutsk National Technical University.

INTERNATIONAL PROGRAM COMMITTEE:

prof. **Luis RIBEIRO** (PORTUGAL);
prof. dr hab. inż. **Antoni ŚWIĆ** (POLAND);
prof. dr hab. inż. **J. Lipski**, (POLAND);
prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. **Uwe Heisel** (GERMANY);
prof. Dr. **Mehmed Emin Yüksel** (TURKEY);
prof., Dr. Ing. **Angel Vachev**, (BULGARIE);
prof. Dr. **Emil Manoach**, (BULGARIE);



NATIONAL PROGRAM COMMITTEE:

Prof. **V. STRUTYNSKYI** (National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”);
Prof. **Y. KUZNIETSOV** (National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”);
Prof. **V. LARSHYN** (Odessa National Polytechnic University);
Prof. **I. LUTSIV** (Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University);
Prof. **V. KYRYLOVYCH** (Zhytomyr Polytechnic State University);
Prof. **I. REHEI** (Ukrainian Academy of Printing, Lviv);
Prof. **V. SENKIVSKYI** (Ukrainian Academy of Printing, Lviv);
Prof. **Z. STOTSKO** (Lviv Polytechnic National University);
Prof. **R. FEDORYSHYN** (Lviv Polytechnic National University);
Prof. **V. MARCHUK** (Lutsk National Technical University);
Prof. **Leonid POLISHCHUK** (Vinnitsa National Technical University);
Prof. **Viktor RUD** (Lutsk National Technical University);
Prof. **G. BAHLIUK** (IPMS of the National Academy of Sciences of Ukraine)
Assoc. prof., Ph.D. **O. ZABOLOTNYI** (Lutsk National Technical University).

ORGANIZATIONAL COMMITTEE:

Assoc. prof., Ph.D. **R. REDKO** (Department of Applied Mechanics and
Mechatronics LNTU)
Assoc. prof., Ph.D. **Y. LAPCHENKO** (Department of Automation and Computer
Integration technologies of LNTU)
Assoc. prof., Ph.D. **B. VALETSKYI** (Department of Applied Mechanics and
Mechatronics LNTU)
Assoc. prof., Ph.D. **V. DENYSIUK** (Department of Automation and Computer
Integration technologies of LNTU)
Assoc. prof., Ph.D. **R. POLINKEVYCH** (Department of Applied Mechanics and
Mechatronics LNTU)
Assoc. prof., Ph.D. **I. MARCHUK** (Department of Automation and Computer
Integration technologies of LNTU)

ЗМІСТ

CONTENTS

**Секція 1. Інтелектуальні
виробничі системи та
застосування інформаційних
технологій для їх проектування**

**Section 1. Intelligent
production systems and
the use of information
technology for their
design**

<i>V. Andrusyshyn, V. Ivanov, I. Pavlenko, S. Luscinski, M. Malaga</i> Using machine vision systems to increase the flexibility of smart factories	13
<i>Гуменюк П. О., Гуменюк Л. О., Лотиш В. В.</i> Аналіз зв'язку між рівнями та концепціями автоматизації	15
<i>Гуменюк Л. О., Лотиш В. В., Гуменюк П. О.</i> До застосування методів інженерії знань при розробці САПР	17
<i>Іванишин Т. В., Озимок Ю. І., Капраль Ю. Р.</i> Формалізація показників ефективності функціонування автоматизованої двоверстатної системи машин з жорстким агрегуванням обладнання	19
<i>Лещенко О. І.</i> Способи діагностики проблемних місць у програмних засобах	21
<i>Лучко Ю. А., Белей О. І.</i> Теоретичні передумови створення системи пастеризації молока MilkSystem	23
<i>Сапон С. П.</i> Модель цифрового двійника шпindelного вузла з гідростатичними опорами	25
<i>Сацук В. О., Решетило О. М., Смолянкін О. О., Маркіна Л. М.</i> Технології та протоколи передачі даних на короткі відстані в IoT мережах	28
<i>Федік Л. Ю., Смолянкін О. О., Грудецький Р. Я.</i> Аналіз технологічного процесу отримання карбаміду як об'єкта керування з використанням промислових контролерів	30

**Секція 2. Механотронні та
роботизовані виробничі
системи в машинобудуванні**

**Section 2. Mechanotronic and
robotic production systems
in mechanical engineering**

<i>N. Hulieva, Z. Hulieva</i> Regulatory and legal basis of robotic systems in the mechanical engineering industry	34
--	----

<i>Ł. Sobaszek, A. Świć, S. Ordyniec</i>	
Analiza zużycia energii elektrycznej przez robota przemysłowego w odniesieniu do koncepcji „Lean robotics”	36
<i>Батюк В. В., Стрембіцький М. О.</i>	
Розрахунок безконтактних давачів відстані	38
<i>Валецький Б. П.</i>	
Дослідження мехатронних пристроїв транспортно-технологічних систем	40
<i>Кириченко А. М., Кропівний О. О., Гречка А. І.</i>	
Вибір раціональних геометричних параметрів верстата паралельної структури з механізмом «БІПОД»	45
<i>Кузнєцов Ю. М.</i>	
Концепція поетапної еволюції мотор-шпинделів на основі використання діаграм Венна-Ейлера	47
<i>Пастернак В. В.</i>	
Роботизовані технологічні комплекси в сучасному машинобудуванні	50
<i>Самчук Л. М., Мікуліч О. А., Медведчук Н. К.</i>	
Аналіз методів моделювання траєкторії руху робота-маніпулятора у програмних середовищах	52

**Секція 3. Системи
автоматичного керування
та діагностування
технологічних комплексів**

**Section 3. Automatic control and
diagnosis systems of
technological complexes**

<i>Y. Pistun, R. Fedoryshyn, H. Nykolyn, V. Zahray</i>	
Industrial automation system for coal mills at thermal power plants	58
<i>Бакалов В. Г., Кузьменко В. О., Яриш І. Ю.</i>	
Математична модель системи автоматичного керування виробництвом полімерної плівки	60
<i>Григоренко І. В., Андрєєв Д. А.</i>	
Розробка систем контролю технологічного процесу виготовлення господарського мила	63
<i>Гурко О. Г.</i>	
Оптимізація параметрів ПІД-регулятора для автоматизованого екскаватора методом рою часток	65
<i>Дмитрієв Д. О., Питайло О. Ю., Чурсов С. О.</i>	
Контурне полірування поверхонь лакофарбових покриттів автотранспорту мехатронними модулями	67
<i>Дурняк Б. В., Луцків М. М., Федина Б. І.</i>	
Типові процедури розрахунку нечітких регуляторів	71

Засць С. С.	
Система підвищення надійності обробки на фрезерних верстатах з ЧПК	73
Кріль Б. А., Шалева В. В., Бугайчук М. І., Кріль О. В.	
Дослідження вагових комірок технологічної лінії для дозування інфузійних розчинів	75
Лиса О. В.	
Моделювання системи автоматичного регулювання температури хлібопекарської печі	77
Лисенко В. В.	
Стартерна система двигунів внутрішнього згоряння БПЛА	79
Лукацький Є. Д.	
Використання оптичних рефлектometrів для неруйнівного контролю кіберфізичних об'єктів	81
Луцків М. М., Шевчук О. В., Карпин Р. Р.	
Синтез редакційної тонопередачі коротких друкарських систем	83
Луцків М. М., Федина Б. І., Бубен В. Р.	
Нечітка модель тоновідтворення оригіналіві репродукції	85
Пальчевський Б. О.	
Система оперативного моніторингу параметрів технологічного обладнання	87
Пальчевський Б. О., Крестьянполь Л. Ю.	
Використання експертних систем для прогнозування надійності автоматизованого технологічного обладнання	92
Пальчевський Б. О., Маркіна Л. М.	
Засади створення системи автоматичного керування приготуванням замісу	96
Розломій І. О.	
SMART FARM – інтелектуальна система керування молочною фермою	98
Розломій І. О., Науменко С. В.	
Інтелектуальна система керування якістю виготовлення друкованих плат	100
Симонюк В. П.	
До технології мікроструменевого друку	102
Сорокун В. Г., Матіко Ф. Д.	
Розроблення багаторівневої системи керування процесом охолодження олії на ПП «Оліяр»	103
Тополов І. І., Борисенко Є. А., Порхало О. О.	
Порівняльна характеристика провідних моделей генераторів водневої води з дослідним взірцем	105
Тополов І. І., Борисенко Є. А., Порхало О. О.	
Розробка бюджетного генератора водневої води	107

Фесенко А. В., Евсюкова Ф. М., Сліпченко С. Є. Адаптивна система керування врізним шліфуванням	109
Чурсов С. О. Оцінка механо-фізичних характеристик корду та резинокордної конструкції в елементах пневматичних шин як композитного матеріалу	111

**Секція 4. Метрологічне
забезпечення
технологічних систем**

**Section 4. Metrological support of
technological systems**

B. Gorkunov, Y. Borysenko, I. Topolov, N. Pavlova Assessing the uncertainty of numerical results in computer simulation ...	115
O. Kaidyk, T. Terletsnyi, V. Ptashenchuk, V. Kononov To the prediction of the metrological serviceability of measuring instruments during the verification interval	117
Автухов А. К. Визначення зміни розмірів і форми поверхні формуючих інструментів при експлуатації	119
Банга В. І., Кайдик О. Л. Система вимірювання маси потоку комбікормів	123
Банга В. І. Експериментальний давач крутного моменту приводу обертових елементів	126
Биков М. С., Нешта А. О., Дегтярьов І. М. Порівняння способів затягування різьбових з'єднань у процесі складання кришки та корпусу відцентрових насосів та перспективи застосування контролю осьового видовження шпильок	128
Брилистий В. В., Назарова О. С., Осадчий В. В. Вимірювання крутного моменту для дослідження енергетичних характеристик приводів електромобілей	130
Денисюк В. Ю. Метрологічне забезпечення автоматизованих систем активного контролю	132
Залоза Р. О., Залоза В. О., Дядюра К. О., Прокопович П. І. Метрологічне забезпечення методики біологічного оцінювання на цитотоксичність in vitro полімерних матеріалів з етилен-вінілацетату (EVA)	134
Кайдик О. Л., Терлецький Т. В., Івченко О. В., Пташенчук В. В. Про корегування похибки вимірювання електромагнітного вимірювального перетворювача під час повірки	136
Лапченко Ю. С. До розроблення інформаційно-вимірювальної системи лазерного різання в виробничому процесі	138

Малько О. Г.	
Гістерезис рідинного меніска у замкнутій газовій системі	140
Марчук В. І., Марчук І. В., Божко Т. Є.	
Про підвищення показників якості виготовлення деталей приладів, стандартизація та сертифікація машинобудівної продукції	142
Сатюков А. І., Приступа А. Л.	
Вплив ефекту затягування частоти на роботу вимірювальних генераторів НВЧ	146
Середюк О. Є., Шевчук В. Б., Середюк Д. О.	
Новий підхід до практичної реалізації повірки побутових лічильників газу	148
Ткачук В. В., Середюк О. Є., Саманів Л. В.	
Методологія дослідження теплофізичних характеристик газового середовища засобами термоанемометрії	151
Троць А. А., Богомолів М. Ф., Симонюк В. П.	
Автоматичний поворотний столик мікроскопа	153
Чернобровченко В. С., Дядюра К. О.	
Використання методу аналізу ієрархій при прийнятті рішень в медицині	155
Чеховський С. А., Чуйко М. М., Витвицька Л. А.	
Особливості метрологічного аналізу процесу контролю змочування кров'ю штучних судин та стентів	157

Секція 5. Розвиток та перспективи проектування технологічних комплексів, роботизованих систем, їх функціональних елементів в машинобудівній, приладобудівній, пакувальній і харчовій галузях

Section 5. Development and prospects of design of technological complexes, robotic systems, their functional elements in machine-building

A. Kolomiets, A. Shustykevych, M. Burda	
Improving the feeder of cardboard blanks by programming of pushers' movement	160
Апаракін А. Р., Підгаєцький М. М.	
Перспективи проектування шестеренних гідравлічних машин за допомогою модульно-параметричного принципу побудови	162
Басова Є.В., Добротворський С. С., Трубін Д. В., Кононенко С. М.	
Програмне та технологічне забезпечення для отримання технологічних параметрів процесу високошвидкісного фрезерування деталей змінної жорсткості з використанням методу скінчених елементів та WEB технологій	164

Брайло М. В., Якущенко С. В., Сапронова А. В., Юренін К. Ю., Клементьєв І., Агеєнко Є.	
Дослідження зносостійкості багатокомпонентних композитних матеріалів на епоксидній основі	166
Букетов А. В., Данильченко М. П., Бабій К. А., Пуськова Т.Г.	
Оптимізація інгредієнтів модифікованого полімерного епоксикомпозиту методом математичного планування експерименту	168
Гальчук Т. Н.	
Вплив зусилля затискання заготовки на похибку обробки	170
Денисюк В. Ю.	
Дослідження методів проектування і розрахунку актюаторів дискретної дії	172
Заїка М. М., Рудь В. Д., Самчук Л. М.	
Визначення тиску на штамп при пластичному деформуванні	174
Залета О. М.	
Матричне моделювання накопичувальних систем гнучких виробничих комплексів	176
Зубовецька Н. Т., Полінкевич Р. М., Редько Р. Г., Четвержук Т. І.	
Аналіз характеру закручування сружки у процесі розточування навивних заготовок	178
Кузнєцов Ю. М., Гао Сінмін	
Передумови створення універсальних лещат для затиску об'єктів неправильної форми	180
Кузнєцов Ю. М., Солнцев О. В.	
Морфологічний і структурний аналіз 3D-принтера модульної компоновки на базі механізму паралельної структури	183
Лазарчук К. Я.	
Електронна модель лазерного зварювання	186
Марчук В. І., Гринюк С. В., Марчук І. В.	
Дослідження впливу режимів різання на температуру шліфування кілець роликотішлипників	188
Михайлов А. О., Штефан Є. В., Михайлов О. В.	
Моделювання процесу отримання тонкостінних втулок методом прямого витискування пористих заготовок	190
Регей І. І., Книш О. Б., Іваськів Б. Р.	
Експериментальна оцінка силового навантаження привода натискної плити у висікальному ексцентриковому пресі	192
Редько Р. Г., Повстяной О. Ю., Четвержук Т. І., Редько О. І., Божко Т. Є.	
Досліджень силових характеристик та характеристик жорсткості затискних цанг	194

Редько Р. Г., Четвержук Т. І., Зубовецька Н. Т., Полінкевич Р. М., Редько О. І.	
Дослідження характеристик втоми затискних цанг токарних автоматів	197
Саловський С. А.	
Напруження в диску деревинорізальної круглої пилки з компенсаційними прорізами	199
Сапронова А. В., Соценко В. В.	
Розробка термостійких полімерних матеріалів для транспортної техніки	201
Сапронов О. О., Воробйов П. О.	
Стійкість модифікованих термореактивних композитів до впливу температури	203
Сметанкін С. О., Сапронова Л. О.	
Визначення раціонального вмісту різнодисперсних добавок у захисному покритті методом математичної статистики	205
Філатов Ю. Д., Сідорко В.І., Ковальов В.А., Юрчишин О.Я.	
Продуктивність полірування полімерних оптичних матеріалів	207
Харченко О. С., Добротворський С. С., Басова Є. В.	
Особливості проектування, виготовлення та аналізу параметрів лопатки парової турбіни з бандажною полкою	211
Чайка О. О., Толстушко Н. О., Толстушко М. М.	
Обґрунтування параметрів підбирального апарата рулонного прес-підбирача стрічки льону	213
Шейченко В. О., Дудніков І. А.	
Різання стебел із ковзанням	214
Шейченко В.О., Шевчук В. В., Скоряк Ю. Б.	
Особливості досліджень несталого процесу формування валка конопель	216
Штефан Є. В., Баранова Д. І.	
Проблемно-орієнтовані засоби забезпечення якості AR-технологій поліграфічних виробництв	218
Юхимчук С. М.	
Актуальність визначення коефіцієнтів тертя стебел льону з різними матеріалами	220
Яковенко І. Е., Пермязков О. А., Бредіха О. М.	
Розробка нормативної бази компоновальних схем портативних верстатів для CAD/CAM системи	222
Ярошевич О. М., Пуць В. С., Мартинюк В. Л., Ярошевич М. П.	
Вібраційне захоплення обертання незрівноваженого ротора електродвигуна	224

**Секція 1. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ВИРОБНИЧІ
СИСТЕМИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ДЛЯ ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ**

**Section 1. INTELLIGENT PRODUCTION
SYSTEMS AND THE USE OF INFORMATION
TECHNOLOGY FOR THEIR DESIGN**

Vladyslav Andrusyshyn, Vitalii Ivanov, Ivan Pavlenko

Sumy State University, Ukraine

Slawomir Luscinski

Kielce University of Technology, Poland

Miroslav Malaga

University of West Bohemia, Czech Republic

USING MACHINE VISION SYSTEMS TO INCREASE THE FLEXIBILITY OF SMART FACTORIES

The core goal of Industry 4.0 is the introduction of smart factories, which became possible due to the rapid development of computer technology and information processing tools. One of the advantages of modern smart factories is analyzing the production process. It can be done using machine vision systems. Machine vision systems are gaining popularity due to the rapid growth in technological capabilities. At the moment, they work accurately with the contours of parts, but in the future, they will be able to determine the type of part, its condition, etc.

To show the advantages of machine vision systems, consider a practical case. The Smart Production Systems Modelling Laboratory at the Centre for Science, Research & Innovation (CENWIS), located at the Kielce University of Technology, has a CP Factory® by Festo, designed to assemble the electronic components in a plastic case (Fig. 1). The color of the lower plastic case, and the number of fuses in the assembly are selected when creating an order in the MES system. The authors noted disadvantage when working with this equipment is that the worker must carefully monitor the correspondence of the parts in the warehouse and the information in the database of the MES system. Inconsistencies can occur due to human error or software failure, leading to either defective assembly or equipment damage.

To solve this problem, the manufacturing route was changed (Fig. 2). Before the assembly operation, a control operation was added, and a program for the machine vision system was developed (Fig. 3). This step helps determine the workpiece's color and prevents the finished assembly from entering the assembly operation.

As a result, the using machine vision system helped increase the flexibility of the smart factory and significantly reduced the risk of defective assemblies or equipment damages.

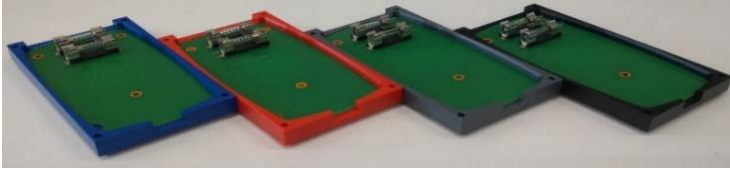


Fig. 1 – Assembly options

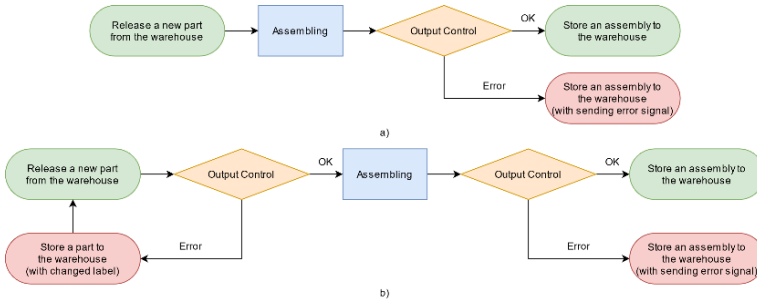


Fig. 2 – Manufacturing routes: basic (a), proposed (b)

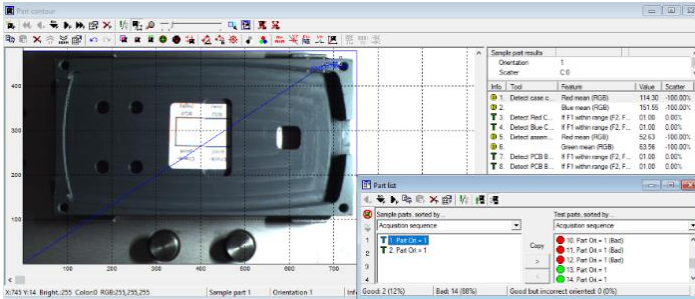


Fig. 3 – A program for the machine vision system

Acknowledgments: these conference theses were created as part of Erasmus+ Program. Special thanks go to the Kielce University of Technology, Faculty of Management and Computer Modelling, for provided equipment. Also, the research was partially supported by the Research and Educational Center for Industrial Engineering (Sumy State University) and International Association for Technological Development and Innovations (IATDI).

УДК 681.5.004

П. О. Гуменюк, канд. техн. наук, доцент

Л. О. Гуменюк, канд. техн. наук, доцент

В. В. Лотиш, канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ РІВНЯМИ ТА КОНЦЕПЦІЯМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

На сьогодні потреба в автоматизації дуже зростає, гнучкі та унікальні системи автоматизації, що мають можливість переходу з одного рівня автоматизації на інший, є ключем до послідовного виробництва.

Технологія автоматизації останнім часом стала настільки складною, що вона керується вимогами ринку та технічними та теоретичними розробками, що змінюються шаленими темпами.

Термін «Рівень автоматизації» описується як розподіл завдань між людиною і машиною. Саме здатність керувати рівнем автоматизації може усунути відходи та час очікування. Тому основним принципом є знаходження та впровадження правильного рівня автоматизації таким чином, щоб ним можна було керувати і який міг би підтримувати ефективність системи. Цей динамічний рівень автоматизації здатний збільшити параметри системи, що веде до більш ефективної продуктивності.

Завдання проектування та оперативне управління системою досягаються кількома різними способами. Впровадження рівня автоматизації регулюється такими концепціями, як вартість, час, безпека, гнучкість і якість.

Концепція вартості розглядає зв'язок між ступенем автоматизації та витратами. Якщо оператор замінюється автоматичною системою, це призводить до зниженні вартості продукції, адже людина-працівник вважається найдорожчою частиною системи, але і процес впровадження автоматизації є затратним. Крім того, іноді виробнича система вимагає запровадження автоматизації, тому що інакше виконання технологічного процесу неможливе.

Концепція часу зазвичай асоціюється з рівнем автоматизації та тим, як цей рівень впливає на продуктивність. Чим вища автоматизація, тим швидше відбувається виробництво і, таким чином, економиться час. З іншого боку, виробництво оптимізувати

важко, тому це призводить до збільшення загального часу виробництва.

Концепція безпеки орієнтована здебільшого на обмеження участі людини у небезпечних і шкідливих процесах. Це призводить до зниження травматизму під час роботи. Але з точки зору сервісу, для оператора зазвичай безпечніше працювати вручну в операційній системі.

Концепція гнучкості стосується переваг людини-оператора перед системою автоматизації, оскільки, говорячи про гнучкість, людина неперевершена. Коли є потреба в гнучких операціях, краще людина, ніж робот.

Концепція якості розглядає автоматизацію як джерело підвищення якості продукції. Впровадження комп'ютерів, роботів та інтелектуальних машин у виробничий процес підвищує продуктивність та покращує якість продукції.

Беручи до уваги поєднання перерахованих концепцій, можна зробити висновок, що завдання автоматизації полягає в тому, щоб зробити систему простішою та дешевшою для розробки, а також безпечнішою для обслуговування. Метою системи автоматизації є виконання та оцінка всіх необхідних задач ефективніше, надійніше та точніше, ніж людина.

При цьому слід зазначити, що автоматизація має свої межі, і їх потрібно враховувати.

Список використаних джерел:

1. G. Mishev. Analysis of the Automation and the Human Worker, Connection between the Levels of Automation and Different Automation Concepts. / Business, 2006
2. Paul M. Swamidass Innovation in competitive Manufacturing. Springer New York, NY. 2000. – 439 p.

УДК 681.5.004

Л. О. Гуменюк, канд. техн. наук, доцент

В. В. Лотиш, канд. техн. наук, доцент

П. О. Гуменюк, канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

ДО ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ІНЖЕНЕРІЇ ЗНАЬ ПРИ РОЗРОБЦІ САПР

Ступінь освоєння сучасних інформаційних технологій активно впливає на розвиток та підвищення конкурентоспроможності промислових підприємств. Прогрес у виробництві нової техніки та освоєння нових технологій, розширення та оновлення асортименту виробів нерозривно пов'язані з автоматизацією проектно-конструкторських робіт відповідно до сучасних вимог розвитку промисловості. Одним із способів використання інформаційних технологій та комп'ютерної техніки на підприємстві є застосування систем автоматизованого проектування (САПР) для виконання складних або рутинних розрахунків, побудови моделей виробу, аналізу побудованих моделей тощо.

Сучасна система промислового підприємства формується в рамках багаторівневої архітектури, в якій системи конструкторсько-технологічної підготовки виробництва займають місце між системами автоматизованого контролю та управління виробничими процесами та системами управління ресурсами – ERP-системами (Enterprise Resource Planning). Системи середнього рівня, що забезпечують процеси проектування, розрахунків та ін. – MES-системи (Manufacturing Execution System), забезпечують автоматизацію розробки та виготовлення виробів, необхідної оснастки, а також вирішення організаційних питань, пов'язаних з інформаційною підтримкою проектування, введенням та виведенням інформації, її зберіганням, архівуванням, пошуком в архівах конструкторсько-технологічної документації і в зовнішніх джерелах.

Інженерна інфраструктура повинна бути єдиною, яка дозволяє розробникам, планувальникам процесів, виробникам та іншим фахівцям відповідної галузі ефективно спілкуватись та обмінюватись знаннями за допомогою глобальної інформаційної мережі.

Багато робіт, спрямованих на розуміння процесу проектування,

надають набір прототипів, які показують, як інтегрувати обґрунтування проектування з іншими інструментами підтримки проектування, такими як CAD/CAM і CAE. Більшість підходів до проектування поділяються на дві категорії: процесо-орієнтовані і функціонально-орієнтовані. Для проектування в областях з високим ступенем стандартизації, функціонально - орієнтований підхід до обґрунтування проектування може описати набір обмежень і процедур, які створюють проект; у більш динамічних областях, процесо-орієнтоване проектування забезпечує історичне уявлення оригіналу.

Природа великомасштабних інженерних баз знань вимагає дослідження та оцінки методів управління складністю для ефективного управління складними та великими наборами елементів даних, пов'язаних із ними. Дані CAD потребують великої кількості геометрії та включають інженерні дані, яким важко надати офіційну структуру, наприклад, допуски або інформацію про особливості проектування та виробництва.

Список використаних джерел:

1. Разработка ИСАПР с применением методов инженерии знаний. Решение практических задач : монография / А. Ф. Тарасов, М. А. Винников, С. А. Короткий, О. А. Лябик, С. В. Таран, С. А. Тарасов. – Краматорск : ЦТРИ «Печатный дом», 2017. – 211 с.
2. S. Szykman, Ram D. Sriram, William C. Regli. The role of knowledge in next-generation product development systems. /ASME Journal of Computation and Information Science in Engineering Volume 1, Number 1, 2001

ТУДК 674:658.011.54/56

Т. В. Іванишин, канд. техн. наук, доцент**Ю. І. Озимок**, канд. техн. наук, доцент**Ю. Р. Капраль**, канд. техн. наук, старший викладач*Національний лісотехнічний університет України, м. Львів*

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДВОВЕРСТАТНОЇ СИСТЕМИ МАШИН З ЖОРСТКИМ АГРЕГАТУВАННЯМ ОБЛАДНАННЯ

Проектування ефективної структури автоматизованої лінії (АЛ) є складною багатоваріантною задачею, оскільки будь-яка сучасна АЛ належить до виробничої системи машин з різноманітним комплексом працюючого основного, допоміжного й транспортно-накопичувального технологічного обладнання. З метою підвищення якості прийнятих проектних рішень під час побудови раціональної структури машинної системи необхідно використовувати математичні моделі, які б адекватно відображали взаємозалежність основних якісних показників верстатів у лінії та давали б змогу прогнозувати пропускну здатність і позациклові втрати машинної системи в цілому.

Для формалізації процесу функціонування системи машин (рис. 1) в умовах стохастичної невизначеності тривалості технологічних операцій на двох послідовно працюючих верстатах з жорстким агрегуванням обладнання можна застосувати математичну модель двофазної одноканальної системи масового обслуговування (СМО) з обмеженою чергою замовлень перед другою фазою [1, 2].

Розв'язання системи рівнянь, які описують імовірності p_i можливих фінальних станів такої одноканальної двофазної СМО (рис. 1), дав змогу отримати аналітичні залежності для розрахунку коефіцієнтів використання робочого часу двох верстатів у АЛ [1]:

$$\rho_1 = \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu^3}; \quad \rho_2 = \mu \cdot \frac{1 - \mu^2}{1 - \mu^3}, \quad (1)$$

де $\mu = P_1/P_2$ – співвідношення циклових продуктивностей верстатів у АЛ.

Тоді, пропускну здатність системи машин (продуктивність АЛ) можна визначити зі співвідношення:

$$P_L = \rho_1 P_1 = \rho_2 P_2. \quad (2)$$

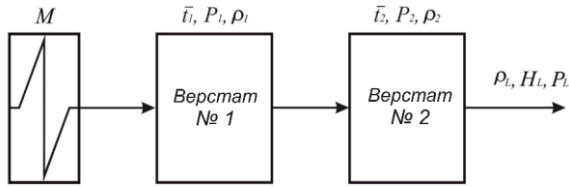


Рисунок 1 – Структура двоверстатної АЛ з жорстким агрегуванням машин: M – місткість накопичувача заготовок; \bar{t}_1 і \bar{t}_2 – середні значення тривалостей оброблення заготовок на верстатах; P_1 і P_2 – циклові продуктивності верстатів ($P_i = 1/\bar{t}_i$); ρ_1 і ρ_2 – коефіцієнти використання робочого часу верстатів; ρ_L – коефіцієнт використання робочого часу АЛ; H_L – накладені втрати робочого часу АЛ; P_L – продуктивність АЛ.

Коефіцієнт використання робочого часу автоматизованої системи машин [3], агрегатованої двома різнопродуктивними верстатами ($P_1 \neq P_2$ і $\mu \neq 1$), дорівнює:

$$\rho_L = \frac{1}{1 + \sum \frac{1 - \rho_i}{\rho_i}} = \frac{1}{\frac{1}{\rho_2} + \frac{1}{\rho_1} - 1} = \frac{\mu}{1 + \mu^2} = \frac{P_1 P_2}{P_1^2 + P_2^2}. \quad (3)$$

У результаті, величину коефіцієнта накладених втрат робочого часу АЛ можна обчислити за формулою:

$$H_L = 1 - \rho_L = 1 - \frac{\mu}{1 + \mu^2} = \frac{1 - \mu + \mu^2}{1 + \mu^2} = \frac{P_1^2 - P_1 P_2 + P_2^2}{P_1^2 + P_2^2}. \quad (4)$$

Отримані математичні моделі дають змогу адекватно обчислювати показники ефективності функціонування двоверстатної АЛ з найпростішими потоками оброблюваних заготовок (потоками Пуасона) та показниковим розподілом імовірностей тривалості їх оброблення, наближеного до марковського випадкового процесу.

Список використаних джерел:

1. Елементи теорії автоматичних ліній / Д. Л. Дудюк, Л. Д. Загвойська, В. М. Максимів, Л. М. Сорока. – Київ-Львів, 1998. – 190 с.
2. Шаумян Г. А. Комплексная автоматизация производственных процессов: [учеб. для машиностр. спец. вузов] / Шаумян Г. А. – М.: Машиностроение, 1973. – 639 с.
3. Вентцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Вентцель Е. С. – М.: Наука, 1980. – 208 с.

О. І. Лещенко, канд. техн. наук, доцент

*Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку,
м. Одеса*

СПОСОБИ ДІАГНОСТИКИ ПРОБЛЕМНИХ МІСЦЬ У ПРОГРАМНИХ ЗАСОБАХ

Метою роботи є зменшення часу на пошук проблемних місць у програмному продукті за рахунок графічного інтерфейсу для збору фільтрації та сортувань логів що знаходяться на серверах у файлах розташованих за певною адресою. Технологіями розробки є IntelliJ IDEA, як середовище розробки, мова програмування Java на якій написано основну частину програми, фреймворки Angular за допомогою якого написано фронтенд частину програми, та Spring Framework який спростив написання бекендної частини програми. Виконано програмну реалізацію системи для обробки логів, яка дозволяє виконувати збір, пошук, фільтрацію та сортування логів, що розташовані на певних серверах у файлах, розташованих за певним адресом. Логи можна перевірити у режимі реального часу. Також метою було і прискорення пошуку проблемних місць (похибок) у програмному продукті за рахунок графічного інтерфейсу для збору (перенесення з усіх необхідних адрес накопичених даних в даний програмний продукт), фільтрації (це процес визначення найбільш необхідних за часом та рівнем логів), та сортувань (це процес упорядкування логів за однією з трьох характеристик: час, рівень, текст) логів, що знаходяться на серверах, у файлах розташованих за певною адресою.

Зараз ця проблема вирішується, але потребує витрачення багато часу на вивчення необхідних мов, що допоможуть виконувати, та пришвидшувати пошук необхідних проблемних місць. Отже метрикою буде час. Жоден з аналогів [1-4], що були взяті для порівняння, не має достатнього механізму для пошуку проблемних місць у програмному продукті за рахунок графічного інтерфейсу.

Для бази даних запропоновано використання EAV моделі. Модель Сутність-Атрибут-Значення (Entity-attribute-value model) – це модель даних, призначена для опису сутностей, в яких кількість атрибутів (властивостей, параметрів), що характеризують їх, потенційно величезна, але то кількість, яке реально буде використовуватися в конкретній суті, відносно мало [5]. Для бази

даних створено процедуру для заповнення тестовими даними, та для періодичного очищення логів.

Вимоги до програмного продукту представлені діаграмою юзкейсів Основна ідея продукту – це реалізація фільтрації і сортування логів за різними параметрами: датою, рівнем і текстом, а також вивід логів в реальному часі. Програмний засіб заснован на патерні MVC, DAO і класи моделей виконують роль Model, за перехоплення дій користувачів відповідають контролери. У кожного з них є своя зона відповідальності, всередині якої, відповідаючи FrontEnd запитам, що надходять.

Робота присвячена аналізу існуючих рішень, проектуванню, та реалізації програмного продукту «Програмний продукт для пошуку проблемних місць у програмних продуктах за допомогою графічного інтерфейсу».

Список використаних джерел:

1. Logstash. Сайт розробника. Доступне з: <https://www.elastic.co/guide/en/logstash/current/introduction.html> [Доступно: Вер, 2021].
2. Fluentd. Сайт розробника. Доступне з: <https://www.fluentd.org/architecture> [Доступно: Вер, 2021].
3. LOGalyze. Сайт з репозиторієм програмного коду. Доступне з: <https://github.com/iNavFlight/inav/wiki> [Доступно: Вер, 2021].
4. LogPacker. Сайт розробника. Доступне з: <https://medium.com/@LogPacker/logpacker-new-log-management-platform-18c66704ca6b> [Доступно: Вер, 2021].
5. Віталій Сороко, Гродно, belarus. “Использование архитектуры EAV в Opensource-проектах”. Доступне з: <https://designpatternsphp.readthedocs.io/ru/latest/More/EAV/README.html> [Доступно: Вер, 2021].

УДК 681.5.015

Ю. А. Лучко, магістр

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

О. І. Белей, канд. техн. наук, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА MilkSystem

Однією з невід’ємних складових забезпечення населення України продовольчими продуктами є молочна промисловість з усіма її технологічними процесами. Продукція цієї галузі промисловості постійно має попит з боку населення і займає четверте місце від загальних витрат на харчування після хлібобулочних, м’ясних, борошняних та макаронних виробів.

Основними теоретичними передумовами для авторів у процесі розроблення автоматизованої системи пастеризації молока MilkSystem є:

- об’єкт досліджень – це основні процеси роботи автоматизованих систем пастеризації;
- предмет досліджень – апаратно–програмні засоби (теги, блоки, функції) фірми Siemens для розроблення автоматизованої системи пастеризації молочної продукції;
- методи дослідження: програмні пакети фірми Siemens STEP 7 та WinCC v7.0 SP1;
- основною задачею дослідження на даному етапі розробки є аналіз існуючих систем пастеризації молока.

Проведений аналіз існуючих автоматизованих систем пастеризації молока показав, що основним і спільним [1,2,3] технологічним процесом для них є дотримання температурного режиму молочного продукту.

Враховуючи все вище написане, запропоновано розробити автоматизовану систему пастеризації молока MilkSystem з відображенням стану контрольованих величин (архівування даних та вивід аварійних повідомлень у режимі реального часу). Відсутність даних тегів (Alarm and Artchiv) призводить до зменшення якості пастеризованого молочного продукту (молока) або втрати.

Список використаних джерел:

1. Система керування пастеризацією молока Синергія-5УПМ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=243&category_id=93&option=com_virtuemart&Itemid=71
2. Автоматизація пастеризації молока [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.svaltera.ua/solutions/typical/food_industry/6656.php
3. Система автоматизації відділення приймання і підготовки молока [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.copa-data.com.ua/realizovannye-proekty/sistema-avtomatizatsiji-viddilennya-prijmannya-i-pidgotovki-moloka>

УДК 621.9.02

С. П. Сапон, канд. техн. наук., доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка»

МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА З ГІДРОСТАТИЧНИМИ ОПОРАМИ

Сучасний рівень розвитку машинобудівних та цифрових технологій, сприяє формуванню нових потенційних можливостей у галузі обміну інформацією та управління технологічними системами і процесами. Сучасне технологічне обладнання оснащується різними чутливими елементами (датчиками, сенсорами) та засобами ідентифікації стану виконавчих елементів. Це дозволяє отримувати оперативну інформацію про властивості та стан елементів технологічної оброблюючої системи, а також здійснювати адаптивне управління. Однією з найбільш перспективних цифрових технологій є розробка моделей цифрових двійників (digital twin) систем, процесів, обладнання тощо. Цифровий двійник (ЦД) являє собою ансамбль математичних моделей, що достовірно описують робочі процеси, властивості, стан елементів технологічної системи та обмінюються даними між собою та з фізичним об'єктом-прототипом у режимі реального часу [1].

В роботі проаналізовано вимоги до ШВ, як функціональних елементів сучасної технологічної оброблюючої системи в умовах Industry 4.0.

Аналіз робочих процесів у ШВ на гідравлічних опорах засвідчив доцільність застосування системного підходу до управління керованими та реакції на некеровані і важкокеровані процеси. Для подальшого розвитку і удосконалення розрахункових методів визначення оптимальних конструктивних та експлуатаційних параметрів ШВ потрібно одночасно враховувати анізотропію властивостей, похибки форми, пружні, температурні деформації опорних поверхонь, стохастичність технологічних навантажень та експлуатаційних параметрів шпindelних гідравлічних опор.

Такий підхід вимагає розглядати ШВ виключно як взаємопов'язану систему компонентів, процесів і явищ, що впливають на критерії ефективності ШВ. Застосування моделі цифрового двійника ШВ дає змогу найбільш адекватно описати і

прогнозувати робочі процеси, що відбуваються у конкретному ШВ з врахуванням його технологічних особливостей, показників точності та експлуатаційних параметрів.

Відмічено, що існуючі на сьогодні роботи з розробки, дослідження та практичного впровадження моделей ЦД металорізальних верстатів, їх вузлів та систем мають переважно концептуальний і фрагментарний характер. Тому наразі існує потреба в розробці систематизованої методології розробки ЦД елементів технологічних оброблюючих систем. Модульне компонування сучасних верстатів обумовлює актуальність наукової проблеми створення методології розробки цифрових двійників окремих вузлів верстатів.

Розробка моделі цифрового двійника шпindelного вузла дозволить отримувати оперативну інформацію про робочі процеси, властивості, стан його компонентів, а також здійснювати адаптивне управління з метою підвищення ефективності процесу обробки різанням.

Для побудови моделі цифрового двійника ШВ запропоновано застосувати шпindelний вузол прецизійного токарного верстата з гідростатичними опорами шпинделя.

Показано, що найбільш адекватна модель цифрового двійника шпindelного вузла з гідростатичними опорами шпинделя являє собою ансамбль взаємопов'язаних цифрових моделей шпинделя, приводу, шпindelних опор та їх системи живлення побудованих із застосуванням апарату штучних нейронних мереж. Перспективність і доцільність застосування штучних нейронних мереж зумовлена тим, що математичні моделі, які описують робочі процеси та компоненти шпindelного вузла з гідростатичними опорами переважно є достатньо громіздкими, багатофакторними і нелінійними. Частина складових, що входять до цих математичних моделей є нелінійними із суттєво стохастичним характером. Це потребує чисельних методів розв'язку нелінійних диференціальних рівнянь, що значно ускладнює їх практичне застосування.

Для вибору оптимальної структури штучних нейронних мереж здійснювали імітаційне моделювання, порівнюючи результати з існуючими даними експериментальних досліджень. Вибрано оптимальні структури штучних нейронних мереж для цифрових двійників компонентів шпindelного вузла. Зокрема в якості оптимальної приймалася структура нейронної мережі, що

забезпечувала найменшу максимальну похибку за певний час навчання.

Здійснено моделювання показників точності шпindelного вузла. Порівняння статистичних характеристик траєкторій шпindelа, отриманих за допомогою моделі цифрового двійника з експериментальними результатами показало достатньо високу їх подібність.

Розроблена модель цифрового двійника шпindelного вузла дозволяє з достатнім рівнем достовірності прогнозувати і управляти траєкторіями просторового руху шпindelа залежно від характеру технологічного навантаження, експлуатаційних параметрів, випадкових зовнішніх збурень та стану складових компонентів і систем шпindelного вузла. Метою подальших досліджень є доопрацювання і адаптація цифрового двійника для прогнозування та визначення інших показників ефективності ШВ.

Список використаних джерел:

1. Кабалдин Ю.Г. Интеллектуальное управление технологическими системами в условиях цифрового производства. / Ю.Г. Кабалдин, Д.А. Шатагин, М.С. Аносов, А.М. Кузьмишина // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2020. – № 1. – с. 3–12.

УДК 681.5:004.4(07)

В. О. Сацик, канд. с-г. наук, доцент

О. М. Решетило, канд. техн. наук, доцент

О. О. Смолянкін, ст. викладач

Л. М. Маркіна, ст. викладач

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОТОКОЛИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА КОРОТКІ ВІДСТАНІ В ІоТ МЕРЕЖАХ

Розумні речі (англ. Internet of Things, IoT) — концепція мережі, що складається із взаємозв'язаних фізичних пристроїв, які мають вбудовані давачі, мікропроцесорну техніку, та програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати передачу і обмін даними між фізичним світом і комп'ютерними системами в автоматичному режимі, за допомогою використання стандартних протоколів зв'язку [1].

Z-Wave протокол, основний принцип, якого побудований на передачі даних по радіоканалу. Дозволяє автоматично управляти освітленням, кліматом, домашнім кінотеатром, зашторюванням, управління системою безпеки [2].

NFC (Near Field Communication) Технологія дозволяє здійснювати комунікацію та обмін даними між пристроями, що знаходяться на коротких відстанях. Далекобійність NFC – до 10 см [3]. Пристрій з NFC може виступати в ролі гаманця, проїзного квитка, мітка в магазині тощо [4].

BLE (Bluetooth Low Energy) – це інтелектуальна та економічна версія бездротової технології Bluetooth, яка з'явилась у версії стандарту Bluetooth 4.0. BLE найчастіше застосовується в пристроях, які вимагають низьке енергоспоживання. Саме таким критеріям відповідають більшість датчиків в розумному будинку.

RFID (Radio Frequency Identification)-це спосіб забезпечення зберігання та передачі інформації з зручного носія-мітки в потрібне місце, за допомогою спеціальних пристроїв [5].

Wi-Fi HaLow — це протокол бездротової мережі, опублікований у 2017 році, як доповнення до стандарту бездротової мережі IEEE 802.11. Цей новий Wi-Fi ідеально підходить для IoT пристрою [6], (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняння технічних характеристик протоколів

Характеристики	RFID	NFC	BLE	Z-Ware	Wi-Fi HaLow
Смуга частот	6/13.5 433 863-870 902-928 МГц 2.4/5-27 ГГц	13.56МГц	2.4ГГц	868.915 МГц	Діапазон 1ГГц
Швидкість передачі даних	500 кбіт/с	106/212 424/848 кбіт/с	1 Мбіт/с	9.6, 40 та 100 кбіт/с	До 4 Мбіт/с
Радіус дії	0.1–5 м	0.1 м	70 м	100 м	100–1000 м
Модуляція	-	ASK, BPSK	GFSK	FSK/GFSK	BPSK, QPSK, 16-/64- 256- QAM
Технологія	Point to Point	Peer to Peer	Single-hop	Mesh	Star
Безпека	Шифрування	Шифрування	AES-128	AES-128	WPA

Список використаних джерел

1. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/internet-veschej-internet-of-things-iot> (дата звернення 08.05.22).
2. <https://dardali.com/academiya-praktiki/teoriya/61-topologiya-z-wave-seti-naznachenie-i-poryadok-postroeniya> (дата звернення 08.05.22).
3. <https://blog.easypay.ua/shho-take-nfc-i-yak-tse-pratsyuue/> (дата звернення 08.05.22).
4. <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-nfc-v-smartfonah-i-ee-prakticheskoe-ispolzovanie/viewer> (дата звернення 08.05.22).
5. <https://kvakusha.ru/uk/rfid-radiochastotnaya-identifikaciya-tehnologiya-radiochastotnoi.html> (дата звернення 08.05.22).
6. <https://itigic.com/ru/halow-wifi-what-is-it-and-features-of-wifi-for-iot-devices> (дата звернення 08.05.2022).

УДК 681.5:004.4

Л. Ю. Федік, канд. техн. наук, доцент

О. О. Смолянкін, ст. викладач

Р. Я. Грудецький, ст. викладач

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ КАРБАМІДУ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОМИСЛОВИХ КОНТРОЛЕРІВ

Процес отримання твердого карбаміду є важливим завданням сучасної промисловості, оскільки застосування карбаміду широко розповсюджене у сільському господарстві як мінеральне добриво, а також під час виробництва карбамід-формальдегідних полімерів, пластмас, штучних волокон і клеїв. Як висококонцентроване азотне добриво, карбамід має низку переваг перед аналогами. Зокрема, найбільш висока концентрація азоту (близько 46% у амідній формі), що дозволяє карбаміду дуже швидко перетворюватися в ґрунті у вуглекислий амоній з подальшою нітрифікацією та легко засвоюватися рослинами [1].

Оскільки розвиток сільського господарства потребує великої кількості добрив, то виготовлення їх за мінімальними цінами є надзвичайно важливим завданням для економічного розвитку нашої країни. Тому виникає завдання створення енерго-ефективної системи керування процесом виготовлення карбаміду за допомогою сучасних промислових контролерів [2].

Цікаві напрямки застосування карбаміду пов'язані з використанням його для очищення викидів ТЕЦ і сміттєспалювальних установок, де в якості відновника оксидів азоту використовуються продукти термічного розкладання карбаміду. Причому карбамід може застосовуватися як у твердому вигляді, так і у вигляді водного розчину. Сьогодні дана технологія вже впроваджується на сміттєспалювальних заводах.

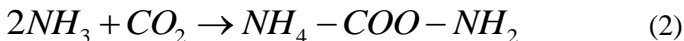
Першим методом отримання карбаміду був синтез карбаміду з сульфату амонію і ціаната калію у 1828 р німецьким хіміком Ф. Велером. Це було перша органічна речовина, отримана синтетичним шляхом. Практичного значення дані реакції не мали, однак робота Ф. Велера поклала початок розвитку органічної хімії і дозволила зруйнувати пануюче в той час віталістичне уявлення про життєві процеси, пояснюючи їх наявністю в живому організмі

особливої «життєвої сили».

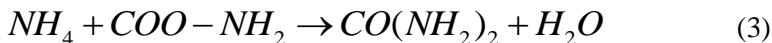
Розглянемо більш детально стадії технологічного процесу отримання карбаміду. Синтез карбаміду з аміаку і двоокису вуглецю протікає по сумарній реакції:



і складається з стадії освітлення карбамат амонію:



і дегідратації карбамат амонію:



Технологічна схема виробництва карбаміду за допомогою синтезу наведена на рисунку 1.

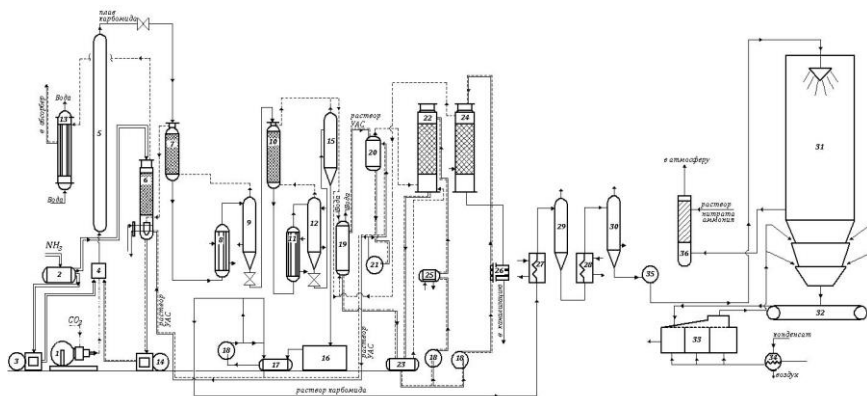


Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва карбаміду

Система управління повинна забезпечувати досягнення мети управління за рахунок заданої точності підтримки значень технологічних параметрів в будь-яких умовах виробництва за надійної безаварійної роботи устаткування, а також задовольняти вимоги вибухо- та пожежобезпеки.

Отже, з точки зору управління, виробництво карбаміду має наступні особливості: послідовна технологічна структура, відсутність проміжних ємкостей, велика потужність агрегатів (1000 т/добу) та кількість контролюючих параметрів процесу. Найважливішими вимогами до сучасної системи управління виробництвом карбаміду є забезпечення високої надійності управління процесом, що майже повністю виключатиме

виникнення аварійних ситуацій.

Під час розробки системи управління основним завданням є вибір контролюючих і регулюючих параметрів технологічного процесу. Зокрема до регулюючих відносяться: температура плаву карбаміду на виході з випарного апарату, що надходить у міжтрубний простір випарника та до «сорочки» сепаратора, концентрація карбаміду на виході з випарного апарату, витрата розчину карбаміду перед випарним апаратом. До контролюючих параметрів слід віднести: режимні параметри, при зміні яких в об'єкт надходять збурення. Основними з яких є контроль технологічних параметрів вибухонебезпечних об'єктів управління, а також пуск і зупинка обладнання.

Список використаних джерел

1. Кучкін О.М., Ковалевський В.М. Оптимізація керування дистиляційною колоною у процесі отримання карбаміду // Автоматизація та комп'ютерна підтримка виробничих процесів // ela.kpi.ua

2. Клімчук О.С., Данькевич А.О. Аналіз випарного апарата як об'єкт автоматизації у виробництві карбаміду // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології [Текст]: Тези доповідей XI-ї науково-практичної конференції студентів. Київ, 06-07 грудня 2017 р. [Електронний ресурс]. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – С.39

**Секція 2. МЕХАНОТРОННІ ТА
РОБОТИЗОВАНІ ВИРОБНИЧІ СИСТЕМИ В
МАШИНОБУДУВАННІ**

**Section 2. MECHANOTRONIC AND ROBOTIC
PRODUCTION SYSTEMS IN MECHANICAL
ENGINEERING**

UDC 621, 340

N. Huliieva, Ph.D, Associate Professor

Lutsk National Technical University

Z. Huliieva, student of gr. PB-21-4

State Tax University

REGULATORY AND LEGAL BASIS OF ROBOTIC SYSTEMS IN THE MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY

At the legislative level in Ukraine, the concept of "robotics" is mentioned only in the Law of Ukraine "On priority areas of innovation in Ukraine" [1].

Article 4.1 of this law identified the development of modern information, communication technologies and robotics as strategic priority areas for 2011-2021. However, the term "robotics" has not been interpreted by any official document of Ukraine. Also, at the state level there is no collection of statistical data on the state of the robotics industry. To implement this priority, the state had to stimulate investment flows for the development of robotic systems of the machine-building industry of Ukraine. In view of this, a number of new legal documents have been adopted in Ukraine in recent years.

Characterizing the situation, it can be stated that the state has almost all parts of the economic mechanism capable of producing robotic systems. The general level of robotic systems of the machine-building industry in Ukraine remains low. The world average level of robotics is 74 robots per 10,000 people [2], and in Ukraine only 1 per 20,000 people.

In particular, the term "robot" is interpreted only in the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On Amendments to the Appendix to the Procedure for State Control over International Transfers of Military Goods" [3]: "manipulation mechanism sensitive elements (sensors) and has all the following characteristics:

- a) versatility;
- b) the ability to install or orient material, parts, tools or special devices by means of variable movements in three-dimensional space;
- c) fitting with three or more closed or open servomechanisms, which may include stepper motors;
- d) has "user programmability" by means of a teach/play method or by means of an electronic computer which can be programmed by a logic controller, without mechanical intervention".

Among the legislative initiatives aimed at the development of innovative industries, it is worth noting the "Strategy for the development of high-tech industries until 2025" [4].

Thus, in Ukraine, research laboratories, specialized research institutions, university departments and design bureaus have formed the appropriate scientific potential for the development of robotics, which is sufficient to create the necessary intellectual and logistical base for the development of this area. Proof of this are the reports of the World Intellectual Property Report Breakthrough Innovation and Economic Growth (2015) [5] and patents filed in the field of technological innovation, which show that Ukraine was in 11th place among the 20 leading countries in 3-D printing and 17th place on robotics.

Ukraine has not yet formed a perfect terminology and regulatory framework for regulating the development of robotic systems in the engineering industry. As a result, public policy in this area is complicated. This issue can be solved using the international experience of world countries in strategic program planning and regulatory framework in Ukraine.

References:

1. Law of Ukraine "On Priority Areas of Innovation Activity in Ukraine", №3715-VI, VRU, dated 05.12.2012. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3715-17#Text>
2. Isakova TO Problems of formation of strategic priorities of the state policy on development of robotics: prospects for Ukraine. National Institute for Strategic Studies, 2019. Access mode: <https://niss.gov.ua/en/node/193>
3. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On Amendments to the Annex to the Procedure for State Control over International Transfers of Military Goods" №596-2017-n, VRU, dated 09.08.2017 Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/596-2017-п#Text>
4. Draft "Strategy for the development of high-tech industries until 2025". Ministry of Economy of Ukraine. 2016. Access mode: <https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id>
5. Wunsch-Vincent S. World Intellectual Property Report 2015 – Breakthrough Innovation and Economic Growth. 2016. DOI:10.13140/RG.2.2.10822.47688

УДК 629.01

Ł. Sobaszek, doktor inżynier, adiunkt**A. Świć**, profesor doktor habilitowany inżynier, profesor**S. Ordyniec**, magister inżynier*Politechnika Lubelska*

ANALIZA ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ PRZEZ ROBOTA PRZEMYSŁOWEGO W ODNIESIENIU DO KONCEPCJI „LEAN ROBOTICS”

Jednym z współczesnych mierników rozwoju systemów produkcyjnych jest coraz szersze wykorzystanie robotów przemysłowych [1]. Współczesne implementacje powinny być jednak realizowane z wykorzystaniem szerokiej wiedzy, a także poprzedzone odpowiednimi analizami (rys. 1).



Рисунок 1 – Компетенції вимагане в процесі роботизації [2]

Nowoczesne podejście do problemu robotyzacji produkcji stanowi koncepcja „Lean Robotics”, która ma ona na celu analizę, identyfikację oraz niwelowanie nieefektywnych działań (marnotrawstwa) tak, aby stanowisko zrobotyzowane generowało jak najwyższą wartość dodaną [2].

Jednym z kluczowych parametrów pracy robotów przemysłowych jest zużycie energii elektrycznej, które w znaczący sposób wpływa na wzrost kosztów produkcji oraz minimalizację wartości dodanej. W celu zwrócenia uwagi na istotę tego problemu dokonano analizy zużycia energii przez robota w zależności od przyjętej trajektorii, rodzaju założonej interpolacji ruchów oraz parametrów pracy (rys. 2).

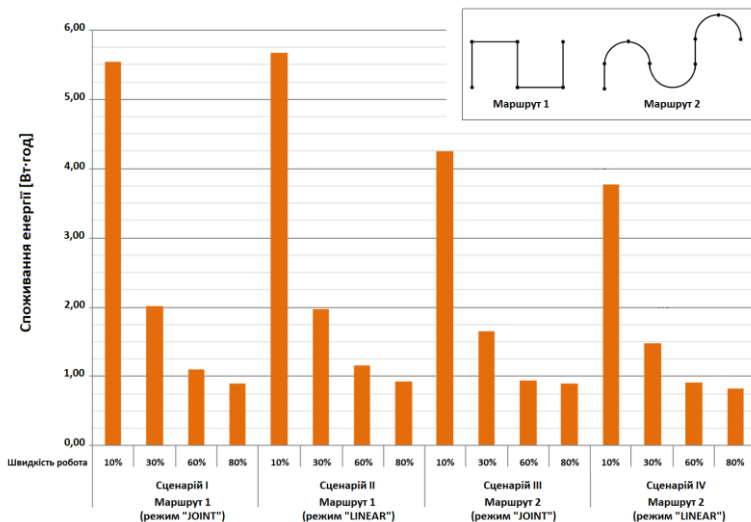


Рисунок 2 – Zużycie energii elektrycznej podczas pracy robota

Przeprowadzone badania zwróciły uwagę na potrzebę racjonalnego programowania robotów w celu optymalizacji zużycia energii. Podkreślono potrzebę racjonalnego planowania ruchów robota. Przedstawione badania należy kontynuować w kierunku opracowywania algorytmów predykcji zużycia energii w zależności od założonej trajektorii robota.

Список використаних джерел:

1. Berga J., Reinharta G. [2017], *An Integrated Planning and Programming System for Human-Robot-Cooperation*, „Procedia CIRP”, vol. 63, pp. 95–100.
2. Bouchard S. [2017], *Lean Robotics: A Guide to Making Robots Work in Your Factory*, Samuel Bouchard.
3. Das S.D., Bain V., Rakshit P. [2018] *Energy optimized robot arm path planning using differential evolution in dynamic environment*, Proceedings of the Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), Madurai, India, 14–15 June 2018; pp. 1267–1272.

УДК 629.01

В. В. Батюк аспірант

М. О. Стрембіцький, канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет

РОЗРАХУНОК БЕЗКОНТАКТНИХ ДАВАЧІВ ВІДСТАНІ

Задача точного вимірювання відстані є важливою складовою багатьох технологічних процесів при проектуванні будь-якого пристрою. Серед відомих способів вимірювання відстані особливе місце займають безконтактні методи, до них можна віднести давачі за методом вимірювання такі, як:

- Ультразвукові ;
- Лазерні ;
- Інфрачервоні.

Основні електро-оптичні характеристики інфрачервоних давачів.

- Діапазон вимірювання відстані;
- Вихідна напруга;
- Різниця вихідної напруги.

Для ефективного вимірювання будемо використовувати графік вихідної напруги до відбиваючого об'єкта (рис. 1) [1].

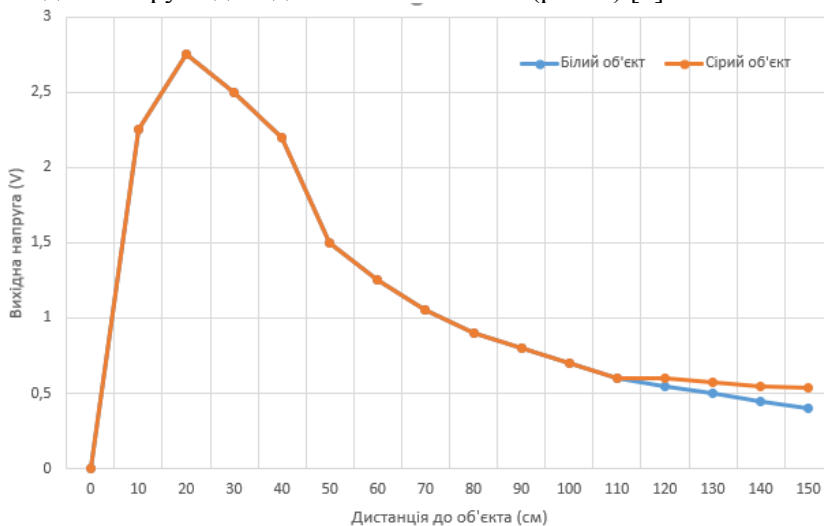


Рисунок 1 – Приклад характеристик вимірювання відстані

Даний графік забезпечує нас необхідною інформацією для найбільш оптимальних даних для здійснення вимірювань об'єктів.

Для забезпечення кращих даних вимірювання будемо використовувати приклад отримання інформації з давача для апроксимування даних (рис. 2).

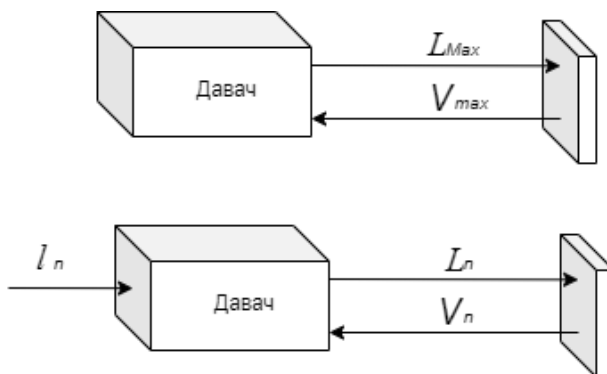


Рисунок 2 – Приклад вимірювання відстані об'єкта для апроксимації

L_{max} – максимальна відстань від давача до об'єкта вимірювання

V_{max} – напругу яку ми отримуємо при вимірюванні максимальної можливої відстані до об'єкта.

l_n – крок переміщення давача до об'єкта вимірювання.

Крок переміщення давача вибирається експериментально відповідно до характеристик давача (рис. 1).

Список використаних джерел:

1. Datasheet GP2Y0A02YK0F (Sharp). https://www.rlocman.ru/i/File/2020/07/08/gp2y0a02yk_e.pdf.
2. Сергиенко О.Ю. Применение лазера для навигации мобильного транспортного средства. / О.Ю. Сергиенко, В.В. Тырса, В.Н. Кондратенко // Автомобильный транспорт. – 1998. - Вып. 1.
3. Тарасова В.В., Малиновський А.С., Рибак М.Ф. Т 19 Метрологія, стандартизація і сертифікація. Підручник /За заг. ред. В.В.Тарасової. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 264 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Сучасні транспортно-технологічні системи широко використовують обладнання на основі мехатронних пристроїв, таких як автоматичні системи переміщення, транспортні роботи, транспортні засоби з автоматичним керуванням, транспортно-розподільче обладнання, засоби ідентифікації та параметризації об'єктів, тощо.

Для дослідження мехатронних систем на основі мехатронних пристроїв часто використовують стенди, які формуються з діючих макетів, та дозволяють створити моделі мехатронних систем з метою проведення навчання та дослідження таких систем.

Існують різні підходи до створення таких стендів. Наприклад, фірма **FESTO Didactic** має стенди, що за своїми характеристиками подібні до промислового обладнання [1-2].

Фірма **Fischertechnik** виготовляє компактні технічні моделі-конструктори (*Trainingsmodelle 3-D* робот) на основі набору деталей, що дозволяють створити великий набір транспортно-розподільного обладнання, маніпуляторів та різних моделей виробничих ланок.

Основним недоліком таких систем є значна вартість обладнання.

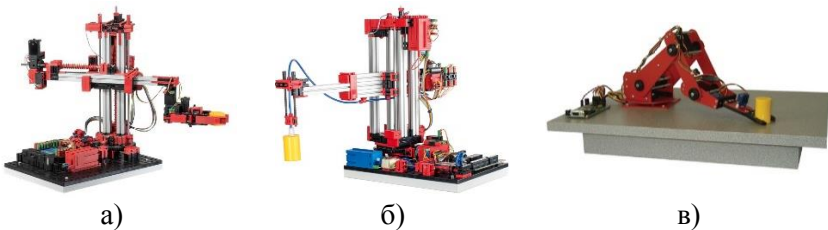


Рисунок 1 – Моделі маніпуляторів

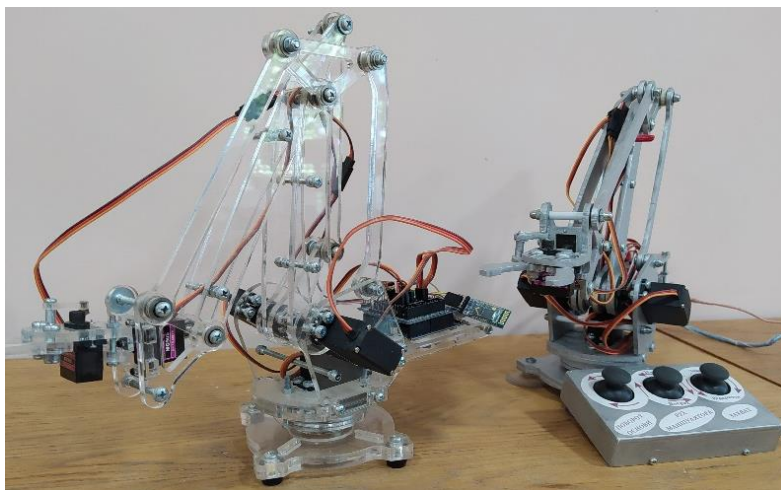
На рис. 1 наведені різні моделі маніпуляторів. Маніпулятори з механічним (рис. 1, а) та вакуумним захватом (рис. 1, б), що

працюють в циліндричній системі координат, а також 5-осьового маніпулятора (рис. 1, в).

Були розроблені завдання для дослідження як окремих вузлів, так і самих мехатронних пристроїв, а також засобів на їх основі.

Зокрема задачею дослідження було визначення точності позиціонування механізму підйому.

Для переміщення об'єктів використовується аналог маніпулятора uArm [3]. На рис. 2 наведений зовнішній вигляд маніпулятора з безпроводним керуванням (а) маніпулятора з ручним керуванням (б).



а)

б)

Рисунок 2 – Маніпулятор uArm

Для переміщення кінематичних пар використовуються сервоприводи MG-995 та MG90S, що забезпечують поворот валу від 0 до 180°.

Для проведення дослідження роботи маніпулятора був розроблений макет що складається з маніпулятора uArm, контролера Arduino UNO R3, та пульта керування в ручному режимі у вигляді 3 потенціометрів, що здійснюють відповідне переміщення сервоприводів, або через модуль безпроводного зв'язку HC-05

Схема підключення маніпулятора до контролера Arduino UNO наведена на рис. 3.

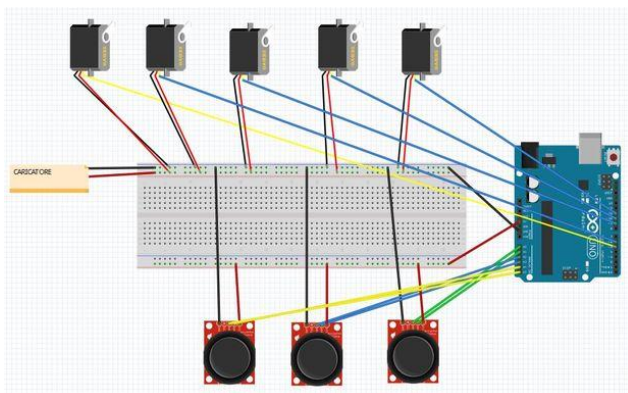


Рисунок 3 – Схема підключення маніпулятора до контролера Arduino UNO

Бібліотека Servo.h Arduino дозволяє використовувати до 8 сервоприводів, встановлювати швидкість переміщення.

Наявність ручного (джойстик або ПК) керування дозволяє зробити дослідження різних режимів робота, оскільки при керуванні положення окремих кінематичних пар (кут повороту) можна вивести на екран комп'ютера, або запам'ятати з метою подальшого програмування переміщення маніпулятора за послідовністю положень.

Оскільки маніпулятор здійснює плоско-паралельний рух захвату, то програмування такого маніпулятора можна здійснити, використавши кінематичну схему (рис. 4).

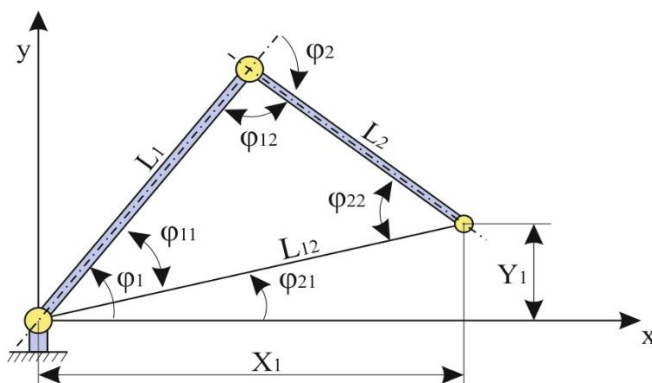


Рисунок 4 – Спрощена кінематична схема маніпулятора

Маніпулятор має дві ланки L_1 та L_2 , а також дві кінематичні пари обертального типу, що здатні працювати в одній площині.

Переміщення кінематичних пар здійснюється шляхом повороту на кути φ_1 та φ_2 . Переміщення у тривимірному просторі здійснюється за рахунок обертання маніпулятора на кут φ_3 відносно осі u , тому розглянемо переміщення маніпулятора в одній площині: перша ланка L_1 закріплена на основі і обертається на кут φ_1 ; друга ланка L_2 , кріпиться на кінці першої ланки і обертається щодо неї на кут φ_2 ; робочий орган маніпулятора знаходиться на кінці другої ланки.

Треба знайти такі кути φ_1 і φ_2 , які дозволять маніпулятору із ланками L_1 і L_2 перемістити руку в задану точку (x, y) , що можна зробити за допомогою зворотної задачі кінематики.

Оскільки: $L_{12}^2 = x^2 + y^2$, $\varphi_1 = \varphi_{11} + \varphi_{21}$, та використовуючи теорему косинусів, можна знайти:

$$\varphi_1 = \arccos(x / L_{12}) + \arccos((L_1^2 - L_2^2 + L_{12}^2) / 2 \cdot L_{12} \cdot L_1),$$

$$\text{та } \varphi_2 = \pi - \arccos((L_1^2 + L_2^2 - L_{12}^2) / 2 \cdot L_{12} \cdot L_2).$$

Шляхом повороту кінематичних пар згідно отриманих значень φ_1 і φ_2 здійснимо переміщення робочого органу в точку (x, y) .

Використовуючи дану модель можна провести дослідження точності позиціонування робочого органу маніпулятора, що полягає у відхиленні фактичного положення від заданого позиціонування, та визначається параметрами механічної частини маніпулятора та приводів.

Висновки

В результаті проведеного аналізу існуючих систем для навчання та дослідження окремих мехатронних пристроїв і різних варіантів промислових та логістичних систем поставлена задача створити стенд для дослідження мехатронних пристроїв логістичних систем, який з мінімальними затратами дає можливість провести дослідження широкого кола задач, які можуть вирішувати мехатронні пристрої у складі логістичних систем.

Стенд на основі даного модуля дозволить здійснити дослідження алгоритмів керування мехатронними пристроями з метою визначення оптимальних режимів роботи, наприклад, вибору прискорення та швидкості переміщення різних вантажів, а також алгоритмів взаємозв'язку різних мехатронних пристроїв у складі транспортно-технологічних систем, включаючи транспортно-розподільні та складські системи.

Список використаних джерел:

1. Mechatronik und Fabrikautomation. Lernsysteme und Services für die Aus- und Weiterbildung. 56811 de © 2017-04 Festo Didactic SE. URL: https://www.festo-didactic.com/didactic/Demos/PG_FactoryAutomation_de/files/assets/common/downloads/publication.pdf (дата звернення: 04.05.2022).
2. Learning Systems for Industry 4.0 CP Lab 400 Complete Systems. FESTO. URL: https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/cp_lab_400_en.pdf (дата звернення: 04.05.2022).
3. <https://www.ufactory.cc/xarm-collaborative-robot> (дата звернення: 04.05.2022).
4. Arduino library for servos that extends the standard servo.h library with the ability to set speed, and wait for position to complete. URL: <https://github.com/netlabtoolkit/VarSpeedServo> (дата звернення: 04.05.2022).

УДК 62-231:621.9.04

А. М. Кириченко, докт. техн. наук, професор

О. О. Кропівний, аспірант

А. І. Гречка, канд. техн. наук, доцент

Центральноукраїнський національний технічний університет

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЕРСТАТА ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ З МЕХАНІЗМОМ «БІПОД»

Механізм паралельної структури «біпод» [1] має значні перспективи для використання у верстатах, оскільки характеризується конструктивною простотою, високою жорсткістю та дає змогу отримати робочу зону необмеженої довжини. Кінематичні залежності такого механізму розглянуто у [2], проте питання раціонального проектування, підвищення точності, жорсткості та вдосконалення динамічних характеристик залишаються відкритими.

Робоча зона верстата з механізмом «біпод» (рис. 1) визначається кількома факторами, які можна опосередковано звести до відношення швидкостей переміщення приводів та робочого органа. Для підвищення точності верстата та ефективного використання приводів подачі необхідно, щоб це співвідношення було по можливості постійним і лежало в межах від 0,5 до 2.

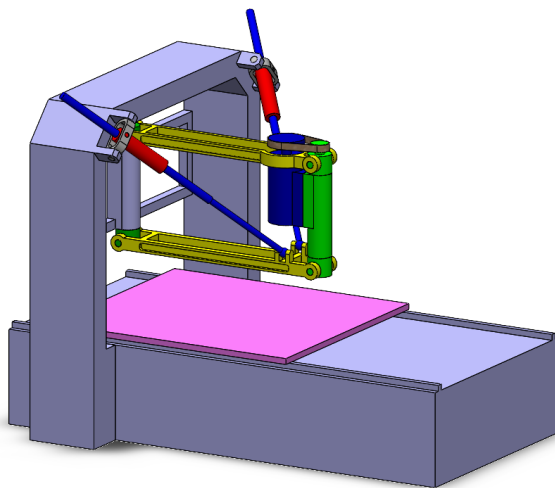


Рисунок 1 – Схема верстата з механізмом «біпод»

Виходячи з кінематичних залежностей, геометричних співвідношень та моделювання роботи верстата встановлено залежності відношення швидкостей приводів до швидкості робочого органа dq/dy . Проаналізовано вплив геометричних параметрів механізму (розміри ланок постійної довжини та координат розміщення шарнірів основи) на величину відношення швидкостей при різних положеннях робочого органа по осі Z (рис. 2).

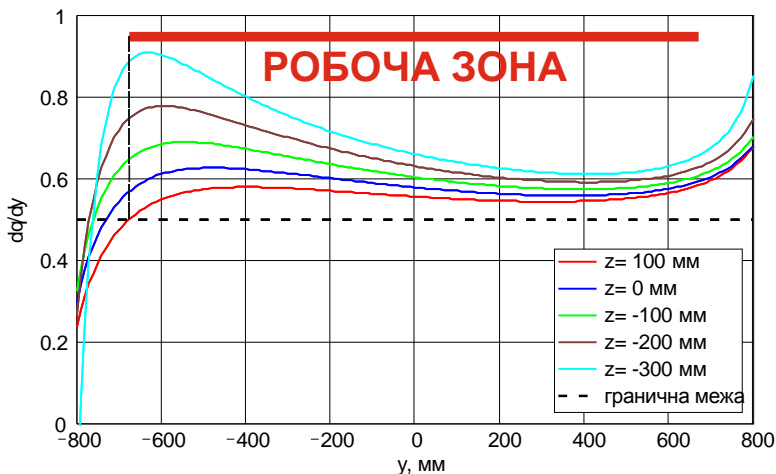


Рисунок 2 – Співвідношення швидкостей в робочій зоні

За рахунок раціонального вибору конструктивно-геометричних параметрів механізму вдалося збільшити робочу зону по координаті Y в півтора рази при збереженні габаритів верстата.

Список використаних джерел:

1. Пат. № 35361 Україна. МПК В23В 41/00. Верстат / А. М. Кириченко, Ю. В. Лебедев, С. М. Заїка, Л. В. Ленченко. – № u200805562 ; заявл. 29.04.2008 ; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 17.

2. Кириченко А. М. Аналіз кінематики верстата з двохкоординатним механізмом паралельної структури «біпод» / А. М. Кириченко, Л. В. Ленченко, А. М. Заїка // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль : ТДТУ, 2008. – № 2. – С. 74-81.

Ю. М. Кузнєцов, докт. техн. наук, професор
*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

КОНЦЕПЦІЯ ПОЕТАПНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ МОТОР-ШПИНДЕЛІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ДІАГРАМ ВЕННА-ЕЙЛЕРА

Для забезпечення високошвидкісної (HSC- High Speed Cutting), високопродуктивної (HPC – High Production Cutting) і прецизійної (High Precision Cutting) обробки деталей [2, 3] в приводах головного руху верстатів з ЧПК в останній час широко розповсюджені електромеханічні приводи головного руху типу мотор-шпindel (М-Ш) [4, 6, 8-10], де шпинделем є ротор з опорами, які мають повітряне або рідинне охолодження. Існуючі М-Ш забезпечують тільки обертання для здійснення головного руху, а для поступального переміщення по керованій координаті використовують додаткові приводи, неспіввісні з віссю шпинделя, це обмежує їх функціональні можливості. Прототипом для М-Ш стали несамодіючі і самодіючі силові головки агрегатних верстатів.

Використання несамодіючих М-Ш скоротило кінематичні ланцюги, знизило габарити приводу головного руху і дозволило забезпечити частоти обертання в токарних верстатах до $n=10-20$ тис. об/хв, а в свердлильно-фрезерних і шліфувальних до $n=100-200$ тис. об/хв і вище.

Тому їх почали широко застосовувати як модулі в верстатах різного призначення, а для забезпечення подач використовується окремий привод поступального руху з напрямними, наприклад, гвинтовий, не співвісний з віссю шпинделя, що збільшує габарити, металоемність і трудовитрати при виготовленні. Крім того, при обробці на верстатах з механізмами паралельної структури (МПС) [3, 4, 8] деталей з багатьма отворами в різних площинах (корпуси, плата, тощо) і під різними кутами, використання несамодіючих М-Ш вимагає переміщення несамодіючого М-Ш разом з рухомою платформою, що обмежує швидкості і прискорення рухомих частин внаслідок зайвих мас.

Об'єднання двох приводів в один співвісний блок для виконання М-Ш самодіючим суттєво знижує габарити і металоемність, виключає напрямні і перекося від додаткових

моментів, підвищує швидкості і прискорення. Необхідність подальшого удосконалення, розробка методів проектування і пошук нових рішень інтелектуальних самодіючих М-Ш типу Smart Spindle [5] визначають актуальність досліджень з використанням гібридизації [7].

Для графічного уявлення схем М-Ш запропоновані умовні позначення складових, а саме: головного руху-оберти шпинделя n , приводу повздовжньої подачі s , затискного механізму, який забезпечує радіальну силу затиску об'єкту (деталі, інструменту) F , системи управління U для інтелектуалізації процесу роботи М-Ш.

Розглянуті трирівнева діаграма Венна і чотирирівнева діаграма Венна-Ейлера [1] з графічним уявленням створення гібридів М-Ш на двох рівнях для трирівневої діаграми Венна і відповідно на трьох рівнях для чотирирівневої діаграми Венна-Ейлера.

Трирівнева діаграма Венна відповідає співвідношенням $1_3 (nsF) 2_3 (ns, sF, nF) 3_1 (n, s, F)$.

Чотирирівнева діаграма Венна-Ейлера відповідає співвідношенням $1_4 (nsFU) 3_4 (nsF, nsU, nFU, sFU) 2_6 (ns, nF, nU, sF, sU, FU) 4_1 (n, s, F, U)$.

За останні роки отримано десятки патентів на винаходи і корисні моделі, а також розроблена технічна документація і виготовлений дослідний зразок самодіючого М-Ш по результатам теоретичних, експериментальних і пошукових робіт, які проводяться в КПП ім. Ігоря Сікорського на кафедрі конструювання машин в співдружності з кафедрою електромеханіки, що свідчить про ефективність міждисциплінарного підходу.

Список використаних джерел

1. Зюзьков В.М. Математическая логика и теория алгоритмов: учебное пособие – Томск: Эль Контент, 2015.- 236 с.
2. Інформаційне забезпечення інтегрованих виробничих систем: монографія /Богдан Пальчевський, Антоні Швіц, Володимир Павлиш [та інші]. За ред. Богдана Пальчевського, Антоні Швіца.-Луцьк: Вежа-Друк, 2014. 344 с.
3. Кузнецов Ю.Н. Будущее станкостроения-сердцевины машиностроения //Журнал «Вестник БРУ, рубрика машиностроения», №2 (55), 2017.-с.25-35.
4. Олійник К.О. Синтез шпиндельних вузлів на базі мотор-шпинделів з використанням системно-морфологічного підходу

//Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 5-6/2020 (124-125). – С.133-138.

5. Jeremi Wojcicki, Giacomo Bianchi. A Smart Spindle Component concept as a standalone measurement system for Industry 4.0 Machine Tools. Ieeexplore.ieee.org-document.

6. Kuznietsov Y., Gaidaienko Iu. Genetic modeling and structural synthesis of CNC multi-spindle automatic machines of new generation // International scientific journal “Industry 4.0”, issue 3/2018.-p.p. 115-119.

7. Lunze J. What is a Hybrid System? Modeling? Analysis and Design of Hybrid Systems. Book series, volume 279. Shpringer 2002. – p.p. 3-14.

8. Oliinyk K.O. Operability analysis of spindle-motor hybrid electromechanical systems //Mech. Adv. Technol. Vol.5, No.1, 2021, p.p. 89-96.

9. Shinkarenko V. The operability analysis of spindle-motor hybrid electromechanical systems/ Y. Kuznietsov, V. Shinkarenko, I. Gaidaienko, K. Oliinyk / 13 th Anniversary International scientific Conference «Unitech’13», 22 – 23 November 2013. Gabrovo, Bulgaria. Vol. III, 2013. – p.p. 268 – 272.

10. Vasil Shinkarenko, Yuriy Kuznetsov, Aleksandr Salenko, Yuriy Gaydaenko, Ekaterina Oleynik, Olga Chenchevaya. Genetic program of structural evolution and synthesis of spindle-motor hybrid electromechanical systems //Journal of the Technical university of Gabrovo, vol.48, 2014. p.p. 24-29.

УДК 658.52 (07)

В. В. Пастернак, канд. техн. наук, доцент
Луцький національний технічний університет

РОБОТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ В СУЧАСНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Індустрія механотроніки та робототехніки отримала надзвичайну увагу як у популярній пресі, так і в наукових та фінансових спільнотах всього світу [1]. Однак, щоб спроектувати та дослідити найбільш простий об'єкт необхідно попередньо вирішити безліч завдань, наприклад, вибір точного співвідношення корисних і холостих ходів, забезпечення маневреності, стійкості в повсякденному функціонуванні і т.д. Не варто забувати і про те, що для дослідження мехатронних систем вирішальне значення має взаємодія реалізації функцій механічної та електронної частини [2]. Тому, розвиток методичного та математичного забезпечення автоматизованого проектування об'єктів мехатроніки, а саме вироблення методики та практичних рекомендацій для вибору оптимального програмного і математичного забезпечення, зокрема обґрунтування можливостей використання систем автоматизованого керування в машинобудуванні є актуальним завданням.

Використання єдиної системи агрегатно-модульної побудови промислового робота (ПР), що містить конструктивні модулі маніпуляторів, захватних механізмів, уніфіковані блоки циклового і числового програмного керування, а також комплектуючі вузли (електро-, гідро-і пневмоприводи, датчики-перетворювачі і засоби автоматики), дає можливість розробити загальний типаж засобів автоматизації в машинобудуванні [2].

Слід відмітити, що дана конструкція промислового робота дозволяє визначити наступні основні параметри: вантажопідйомність, кількість ступенів рухливості, форму і розміри робочої зони, помилку позиціонування і тип системи керування.

На рис. 1. представлено загальний вигляд промислового робота у вікні програмного забезпечення SolidWorks.

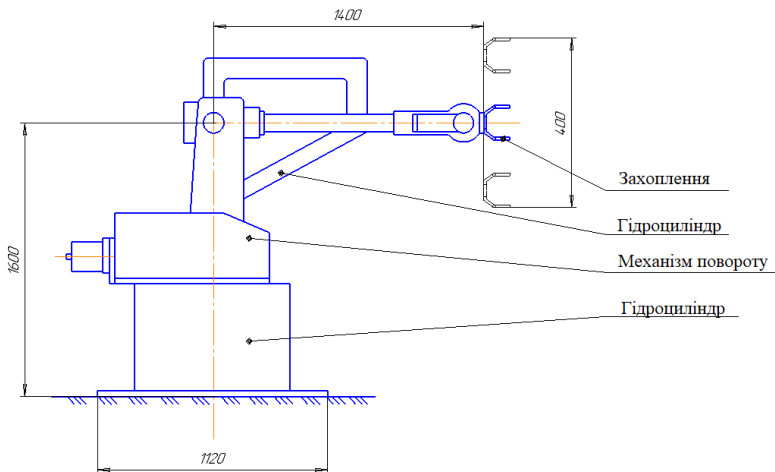


Рисунок 1 – Загальний вигляд промислового робота

Виявили, що найбільш важливою з технологічної точки зору є пристрій захоплення (ПЗ) базування об'єкта маніпулювання. У свою чергу, пристрій захоплення є центруючим органом, який визначає положення осі площини симетрії об'єкта (заготовки, деталі, інструмента і т.д.) при установці в затискне пристосування, накопичувальний пристрій або робочий орган верстата.

Список використаних джерел:

1. Василенко О.В. Дослідження мехатронних систем та об'єктів / О.В. Василенко, С.В. Павлоград. – М.: Машиностроение, 2014. – 136 с.
2. Павловський М.А. Дослідження мехатроніки в сучасному світі / М.А. Павловський. – М.: Машинознавство, 2016. – 116 с.

УДК 531.391

Л. М. Самчук¹, канд. техн. наук, доцент

О. А. Мікуліч¹, доктор техн. наук, професор

Н. К. Медведчук², канд. техн. наук, доцент

¹*Луцький національний технічний університет*

²*Хмельницький національний університет*

АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА У ПРОГРАМНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Одним із найбільш актуальніших напрямків розвитку сучасної робототехніки є проектування та розробка мобільних роботів. Серед актуальних задач слід виділити створення робо технічних систем, що здатні рухатися по складним, криволінійним та неструктурованим поверхням, що можуть бути недоступними для традиційних транспортних систем та людини. Застосування промислових роботів дає можливість замінити працю людини при виконанні основних та допоміжних технологічних операцій у процесі промислового виробництва. При цьому вирішується важливе соціальне завдання – звільнення людини від робіт, пов'язаних з небезпеками для здоров'я або з тяжкою фізичною працею, а також від простих монотонних операцій, що не потребують високої кваліфікації. У багатьох випадках для виконання різних технологічних операцій, таких як нанесення захисного покриття на металоконструкції або фарбування та очищення поверхонь, використовують маніпулятори. Так як маніпулятори спочатку проектують з гнучкою структурою, вони здатні виконувати досить широке коло завдань. Тому при можливості заміни алгоритму роботи маніпуляційного робота та його переналаштування, робота можна переорієнтувати на виконання зовсім інших завдань як протягом тривалого часу, так і короткостроково.

Гнучкі автоматизовані виробництва, що створюються на базі промислових роботів, дозволяють вирішувати завдання автоматизації на підприємствах з широкою номенклатурою продукції при дрібносерійному та штучному виробництві. Промислові роботи є складовими частинами сучасного промислового виробництва [1]. Розробка роботів різного призначення включає в себе проектування їх виконавчої системи (ВС) і системи керування (СК). Проектування ВС і СК можна

здійснити вручну, але комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів вивчення складних систем та процесів, а особливо коли мова йде про процеси, які не можна дослідити та спрогнозувати в режимі реального часу. У досить розвиненому вигляді роботи аналогічно людині здійснюють активну силову і інформаційну взаємодію з навколишнім середовищем і завдяки цьому можуть володіти штучним інтелектом і вдосконалювати його. Постає проблема в складності проведення аналізу та керуванні даними системами без відриву від виробництва [1]. Комп'ютерне моделювання робототехнічних систем забезпечує вирішення багатьох актуальних проблем у різних галузях науки і техніки. Величезна кількість трудомісткої фізичної праці людини сьогодні виконують роботи, а комп'ютерні пристрої, системи комп'ютерної математики значно полегшили громіздкі обчислення та перетворення, звівши їх до мінімуму. Комп'ютерне моделювання одна із ефективних методів вивчення складних систем. Комп'ютерні моделі простіше і зручніше досліджувати, коли реальні експерименти утруднені через фінансових чи фізичних перешкод або можуть дати непередбачуваний результат [2].

Ефективність роботизованих технологічних процесів пов'язана з точністю та швидкістю операцій, які виконуються промисловими роботами (ПР). При збільшенні кількості операцій у роботизованих системах може відбуватися ріст динамічних помилок руху по координатах, що в свою чергу призведе до зниження якості відтворення програмної траєкторії. Оптимізацію системи керування промислових роботів в цілому для покращення показників якості можна виконати методами комп'ютерного моделювання. Наявні програмні комплекси для розробки та проектування робототехнічних систем можна поділити на математичні пакети [3] і пакети компонентного моделювання [4]. В універсальних математичних пакетах проектування здійснюється на основі попередньо розроблених математичних. До цієї групи програмних комплексів можна віднести такі відомі пакети, як MathCAD, Mathematica, MathLab, Maple, SciLab, а також всі інші, які можуть не тільки розв'язувати певні класи математичних задач, а і здійснювати програмування окремих компонент робото технічних систем. Серед останніх слід виділити розширення Robotics System Toolbox програмного середовища MatLab, що надає інструменти та алгоритми для проектування,

моделювання, тестування та розгортання додатків для маніпуляторів і мобільних роботів.

Для маніпуляторів набір інструментів включає алгоритми перевірки зіткнень, планування шляху, генерації траєкторії, прямої та зворотної кінематики та динаміки з використанням представлення дерева твердих тіл. Для мобільних роботів він включає в себе алгоритми відображення, локалізації, планування шляху, стеження за маршрутом і керування рухом. Набір інструментів дозволяє створювати тестові сценарії та використовувати надані довідкові приклади для перевірки поширених промислових роботехнічних додатків. Він також включає бібліотеку комерційно доступних моделей промислових роботів, які можна імпортувати, візуалізувати, моделювати та використовувати з довідковими програмами [3]. Середовище MatLab Robotics System Toolbox дає можливість розробки прототипів функціональних роботів шляхом поєднання кінематичних та динамічних моделей (рис. 1) [4].

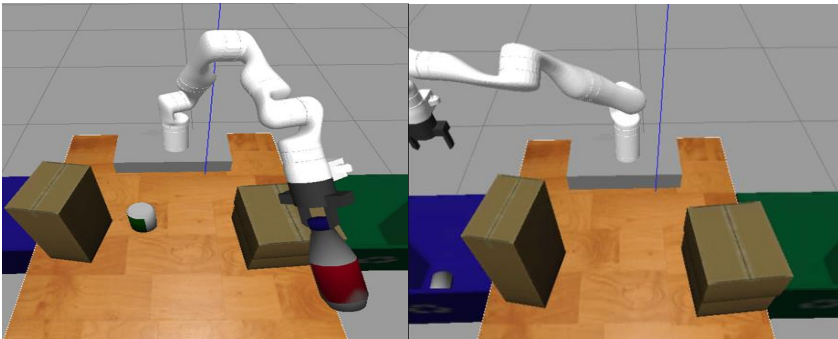


Рисунок 1 – Приклад робочого процесу з використанням RRT Planner і Stateflow для MATLAB

Пакети компонентного моделювання за способом їх використання можна розділити на дві групи. До першої групи відносять пакети, призначені для рішення промислових і дослідницьких задач, такими як SolidWorks. Головну роль відіграє організація роботи: швидкий доступ до багаточисельних експериментальних даних і бібліотек компонентів, ретельне тестування і запис. Схема проектування руху робота-маніпулятора у таких системах наведена на рис. 2.

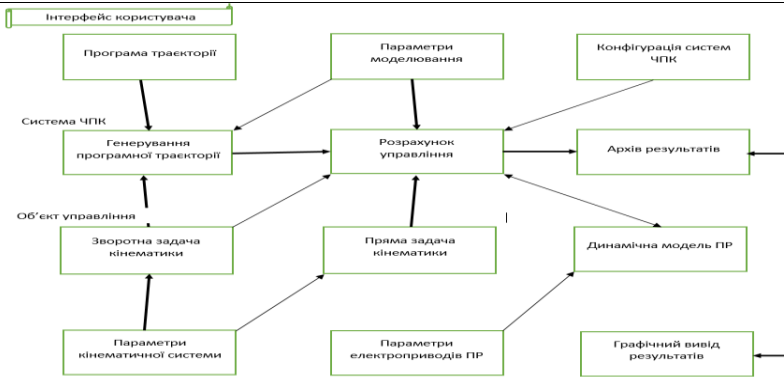


Рисунок 2 – Структурна схема ПО для моделювання руху ПР

До другої групи пакетів компонентного моделювання відносяться системи графічного аналізу, такі як 3dsMax. 3DStudioMAX — тривимірний графічний редактор, система для створення і редагування об'єктів та створення візуалізацій [5]. Генерування програмної траєкторії руху тут виконується в декілька етапів з попередньою програмною інтерпретацією (рис.3).

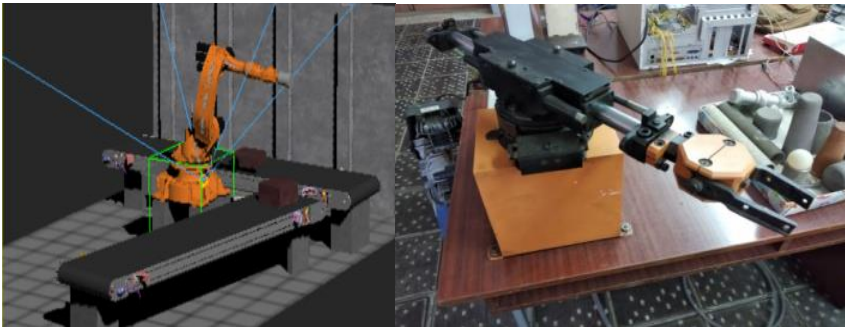


Рисунок 3 – Траєкторія рухів маніпулятора

Метою даного дослідження було порівняння можливостей програмних середовищ різних типів щодо проектування робототехнічних систем. Дослідження проведені для випадку моделювання траєкторії руху робота-маніпулятора. Наведені у роботі основні переваги та недоліки кожного з програмних комплексів дають можливість верифікувати їх для виконання конкретних задач у різних галузях промисловості, металургії та машинобудуванні.

Список використаних джерел:

1. Тереза, Н. Проектирование веб-интерфейсов [Текст] / Н. Тереза. – М.: Символ-Плюс, 2010. – 210 с.
2. Hansen. Пользователь инженерных принципов для интерактивных систем [Текст] / Пер. с англ. - М.: AFIPS Press, 1971. – 523 с.
3. <https://www.mathworks.com/products/robotics.html>
4. <https://www.mathworks.com/help/robotics/ug/pick-and-place-gazebo-with-point-clouds-and-rrt.html>
5. Верстак, В. 3ds max [Текст] / В. Верстак. – Санкт-Петербург: Autodesk Press 2008. – 250 с.

**Секція 3. СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО
КЕРУВАННЯ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

**Section 3. AUTOMATIC CONTROL AND
DIAGNOSIS SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL
COMPLEXES**

UDC 681.121.84

Y. P. Pistun, Sc.D., Professor

R. M. Fedoryshyn, Sc.D., Associate Professor

H. M. Nykolya

Lviv Polytechnic National University

V. S. Zahray

Techprylad LLC

INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEM FOR COAL MILLS AT THERMAL POWER PLANTS

The technological processes of coal grinding by means of ball mills are of great importance for efficient operation of thermal power plants using coal as a primary energy carrier. The process of coal grinding has been automated poorly, because there were no methods to measure the main parameters of the grinding process, such as quantity of coal in a mill, grinding capacity and especially there were no methods to determine the pre-failure condition in which the mill is so much overloaded that it leads to abrupt decrease in its grinding capacity and to blockage. In order to prevent the failure of a mill the operators deliberately decrease the grinding output by feeding less coal to the mill, which makes the grinding process more power-intensive and less efficient. Various schemes for automation of ball mills have been proposed to regulate the outlet temperature of the air mixture, the differential pressure at the mill drum and the acoustic signal of the mill [1], [2]. But all those systems could not ensure the maximum possible grinding capacity and they did not prevent a possible blockage of the mill.

The maximum possible grinding capacity depends on the coal character (grain composition, grindability index, rock concentration, moisture content etc.), on the dust system characteristics (drying, ventilation and grindability) and on the amount of coal fed into the mill, coal feeding system and its regime. In order to ensure the maximum possible grinding capacity and to prevent a possible blockage of the mill at variable quality of input coal an industrial automation system was developed with application of intellectual controller-optimizer. The ball mill modeling has shown that depending on the coal and dust characteristics the maximum possible grinding capacity of the mill is reached at the level of 80 to 95 per cent of the maximum possible loading of the mill with the material being ground.

Due to a specially developed algorithm the controller adjusts automatically to the existing dust system, grindability of the mill and to the qualitative characteristics of the material being ground. As these parameters vary the controller adjusts automatically to regulate the material feeding so that the grinding capacity is always maximum [3].

The developed automation system was installed at a number of ball mills at thermal power plants for grinding the coal. One of the systems was installed at a thermal power plant with a 300 MW power generating unit where three ball mills were used for coal grinding. Application of the system provided improvement of grinding capacity of the mills in such a way that the capacity of two mills was enough for preparation of the fuel for the power generating unit and the third mill was turned off. This is how energy saving by 30 % at coal grinding was reached.

References

1. Lingfang, S., Jingmiao, S., Yinde, M., Congwei, F., Jibing, R. & Wei, Y. (2015), "Application research of PID-GPC algorithm in the ball mill system", *Open Automation and Control Systems Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 157-166.
2. Feng, L., Yang, F., Zhang, W. & Tian, H. (2019). "Model Predictive Control of Duplex Inlet and Outlet Ball Mill System Based on Parameter Adaptive Particle Swarm Optimization", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2019.
3. Fedoryshyn, R.; Nykolyn, H.; Zagraj, V. & Pistun, Y. (2012). The improved system for automation and optimization of solid material grinding by means of ball mills. *Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium*, ISBN 978-3-901509-91-9, ISSN 2304-1382, CDROM version, pp.053-056, Editor B. Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria, EU, 2012.

УДК 678.057.5

В. Г. Бакалов, канд. техн. наук., доцент

В. О. Кузьменко, підполковник

І. Ю. Яриш, майор

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ

В пакувальній промисловості знаходять все більше застосування полімерні плівки. Вони виробляються на лініях, в які входять такі пристрої: екструдер, плоскощілинна головка, приймально-охолоджуючий валок і пристрій намотування плівки. Якість полімерної плівки, яка виробляється, залежить від технологічних і конструктивних показників лінії. До технологічних показників слід віднести тиск і температуру полімеру, який створює екструдер, температуру полімеру в головці, швидкість приймально-охолоджуючого валка і його температуру. До конструктивних показників відносяться геометричні розміри внутрішніх формуючих каналів плоскощілинної головки, відстань від головки до приймально-охолоджуючого валка, його діаметр. Вказані показники суттєво впливають на реологічні властивості полімеру із якого виробляється плівка, а отже на її якість. Основним показниками якості є рівномірність товщини плівки а також її механічні властивості.

Для керуванням таким виробництвом нами розроблено математичну модель, яка складається:

- рівняння залежності напруги зсуву розплаву полімеру від швидкості зсуву і його температури (враховуються технологічні показники тиск і температура полімеру);

- рівнянь руху полімеру в формуючих каналах плоскощілинної головки, яка представлена простими ділянками (циліндрами, щілинами) (рис. 1). При цьому використовується метод балансу тиску і витрат для всієї плоскощілинної головки (враховуються геометричні розміри формуючих каналів плоскощілинної головки, а також технологічні показники температура і тиск полімеру в ній);

- рівняння витягування плівки між плоскощільною головкою і приймально-охолоджуючим валком (рис. 2) (враховуються технологічний показник температура полімеру, геометричний показник відстань від плоскощільної головки до приймально-охолоджуючого валка);

- рівняння витягування плівки на приймально-охолоджуючому валку (враховуються технологічні показники швидкість приймально-охолоджуючого валка, його температура, геометричний показник діаметр приймально-охолоджуючого валка).

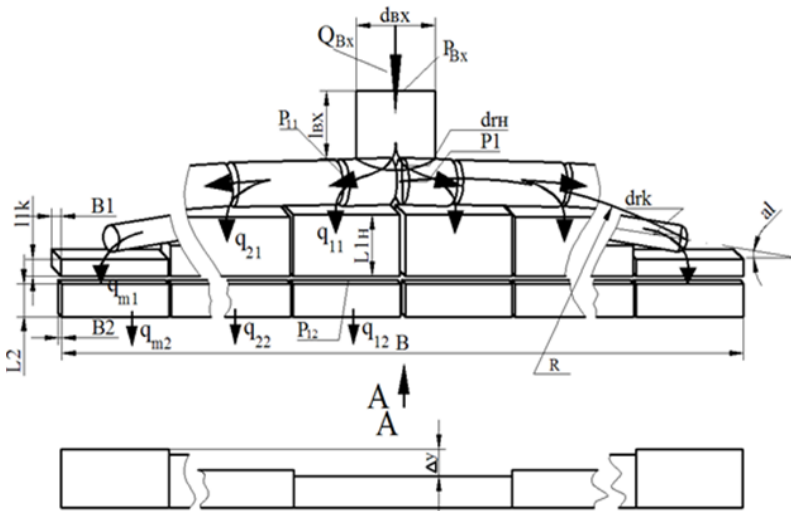


Рисунок 1 – Розрахункова схема плоскощільної головки

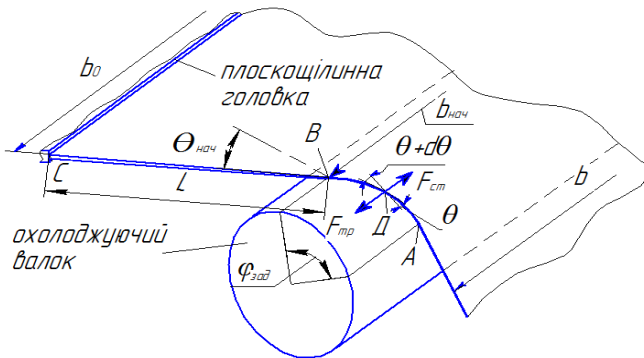


Рисунок 2 – Схема витягування полімерної плівки після плоскощільної головки і на приймально-охолоджуючому валку

Список використаних джерел:

1. Чередніченко П.І. Моделювання процесу руху полімеру у плоскощільній головці / П.І.Чередніченко, В.Г.Бакалов, О.В.Бакалов // Математичні машини і системи. Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, 2009. – №1. – С.150–158.
2. Чередніченко П.І. Плоскощільні головки для ламінування матеріалів. Конструкція, розрахунок, проектування / П.І.Чередніченко, В.Г.Бакалов, О.В.Бакалов. – Чернігов: ЧДТУ, 2009. – 141 с.

УДК 681.518.22

І. В. Григоренко, канд. техн. наук, доцент

Д. А. Андрєєв

Харківський національний технічний університет «ХПІ»

РОЗРОБКА СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ГОСПОДАРСЬКОГО МИЛА

Мило є предметом першої необхідності для людини. З усієї групи парфумерно-косметичних товарів, ймовірно, мило (разом із шампунем та зубною пастою) використовується споживачами щодня. Без мила в умовах пандемії 2019 - 2022 років не може обійтися жодна людина.

Для того, щоб отримати якісну продукцію, що відповідає умовам [1] необхідно створити автоматизовану систему контролю основних параметрів технологічного процесу виробництва господарського мила.

Система, що пропонується має п'ять каналів вимірювання: три канали вимірювання температури, яка діють на первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) ПВП2, ПВП3; два канали вимірювання ваги, що діє на датчики ваги ПВП1, ПВП4; канал вимірювання рівню рН, що діє на датчик ПВП5 (рис. 1).

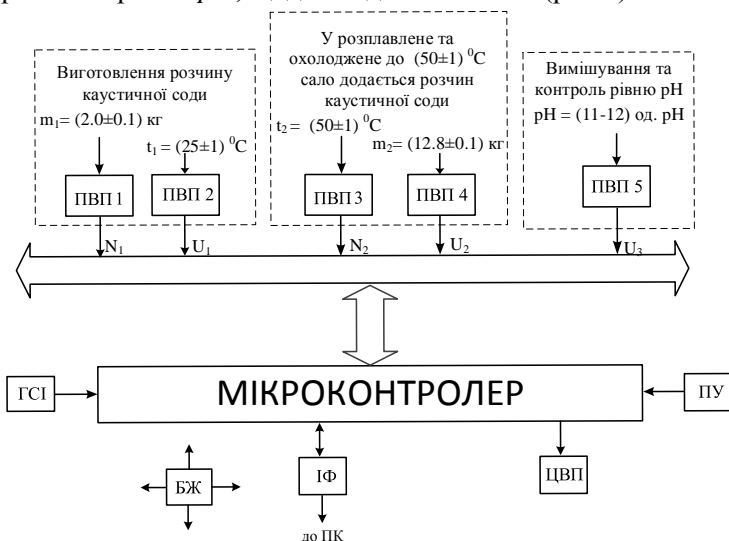


Рисунок 1 – Структурна схема системи контролю технологічного процесу виготовлення господарського мила

Структурна схема складається з мікроконтролера (МК), який використовується для обробки вимірювальної інформації, управління даними, забезпечення обміну даними між окремими частинами схеми та зовнішніми пристроями, передача поточних даних для відображення на цифровому відліковому пристрої (ЦВП) та передачі їх на персональний комп'ютер (ПК) по інтерфейсу (ІФ); генератора синхронізуючих імпульсів (ГСІ), що генерує тактові імпульси, необхідні для роботи МК; пульта управління (ПУ), який виконує початкове налаштування мікроконтролера та його скидання. ІФ призначений для обміну даними із персональним комп'ютером (ПК), а також для програмування мікроконтролера. У якості ІФ обраний RS 485. Блок живлення (БЖ) забезпечує напругу, необхідну для роботи системи.

У якості МК було обрано МК фірми *Atmel* – *ATmega16*, як найбільш потужний, дешевий та маючий у своєму складі убудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП).

Перед початком роботи проводиться початкове налаштування МК. Далі йде вибір каналу вимірювання. Після отримання поточних даних відбувається перевірка на відповідність отриманих даних встановленим значенням. У випадку, якщо значення відрізняються від установлених вмикаються виконавчі пристрої (на схемі рис. 1 не показані), що діють на технологічний процес і дають змогу повернути значення параметрів, що контролюються у встановлені межі. МК обробляє надану інформацію та надсилає результати вимірювань на ПК або відображає їх на ЦВП.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 4544:2006. Мило господарське тверде. Технічні умови. – К.: Видання офіційне 2007. 14 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПІД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕКСКАВАТОРА МЕТОДОМ РОЮ ЧАСТОК

Відновлення країни у післявоєнний період потребуватиме використання сучасної будівельної техніки, серед якої однією з найбільш розповсюджених є гідравлічний екскаватор (ГЕ). Підвищити продуктивність, збільшити енергоефективність ГЕ, а також забезпечити безпеку виконуваних робіт дозволяє автоматизація. Автоматизований екскаватор забезпечує узгоджений рух бази та робочого обладнання (РО – стріли, рукояті та ковша), здійснюючі рух зубів ковша вздовж певної траєкторії під впливом внутрішніх та зовнішніх невизначених факторів.

Для керування РО ГЕ в умовах невизначеності запропоновано значну кількість робастних регуляторів. Однак, складність цих регуляторів перешкоджає їх широкому розповсюдженню, тому на практиці у більшості випадків все ще використовуються ПІД-регулятори та їх варіанти. Ефективність роботи ПІД-регуляторів значною мірою залежить від значень параметрів K_p , K_i , K_d . У даній роботі пропонується оптимізація параметрів ПІД-регуляторів для ланок РО автоматизованого екскаватора на основі методу рою часток [1].

В [2] показано, що нелінійну 3D модель РО ГЕ, що була побудована в Autodesk Inventor та імпортована до MATLAB Simscape Multibody, можна з достатньою ступеню точності замінити передавальною функцією другого порядку. Саме таку модель було використано при оптимізації параметрів регулятора (рис. 1). У якості критерію оптимальності використано зважений інтеграл від квадрату помилки керування.

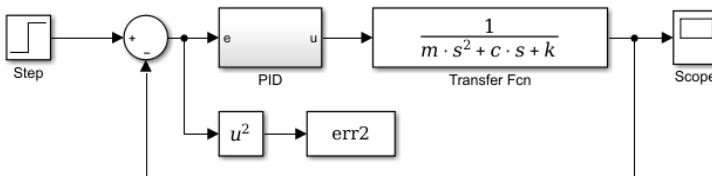


Рисунок 1 – Simulink-модель ланки РО ГЕ, що використовувалась при оптимізації параметрів регулятора

Результати моделювання показують, що оптимізація дозволяє одержати перехідні процеси з невеликим перерегулюванням та високою швидкодією (табл. 1).

Таблиця 1 – Техніко-економічні показники роботи функціональних пристроїв

	Стріла	Рукоять	Ківш
Перерегулювання σ , %	5,1	3,2	2,0
Час регулювання t_p , с	1,8	1,6	1,1

Подальша робота пов'язана з визначенням якості виконання робочого процесу автоматизованого ЕГ з оптимізованим ПІД-регулятором та порівняння з іншими регуляторами в умовах невизначеності.

Список використаних джерел:

1. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: монографія / заг. ред. С. О. Субботін. Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. 375 с.

2. A. Gurko, I. Kyrychenko, A. Yaryzhko, O. Kononykhin Linear Quadratic Gaussian Control for Robotic Excavator. *Proceedings of the Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020)*. Vol. 2608. P. 144-155. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2608/paper12.pdf>. (дата звернення: 08.05.2022).

УДК 621.9

Д. О. Дмитрієв, докт. техн. наук, професор

О. Ю. Питайло, аспірант

С. О. Чурсов, аспірант

Херсонський національний технічний університет

КОНТУРНЕ ПОЛІРУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТЬ АВТОТРАНСПОРТУ МЕХАТРОННИМИ МОДУЛЯМИ

Як правило полірування покриття автомобіля як «косметичну» операцію під час експлуатації виконують вручну або із застосуванням ручних електромеханічних засобів, а геометрія кузова передбачає складні контурні ділянки подвійної кривизни. В таких умовах режими полірування обирають інтуїтивно і надалі використовують як необґрунтований досвід відновлення. Недотримання однакових умов полірування на пряму впливає на ефективність застосування того або іншого складу полірувальних і навпаки може завдати зайві пошкодження існуючому покриттю кузова. Тому важливо мати методологічну основу для спрямованого вибору як складу та компонентів полірувальних сумішей, так і режимів їх застосування з урахуванням властивостей покриття та геометрії поверхні, що обробляється.

Представлені результати отримано під час виконання колективом кафедри автоматизації, робототехніки і мехатроніки Херсонського національного технічного університету госпдоговору на замовлення підприємства ПП «ІнтерСклад» (м. Херсон) від 28.11.2021 р. в атестованій лабораторії механічних випробувань та якості технологічного обладнання Херсонського національного технічного університету. Полірування проводили окремо для 200, 400, 600, 2000, 20 000 циклів (проходів) на трикоординатному маніпуляторі з повторенням огинаючих ліній частини кузова (рис.1, а) [1, 2]. Полірування виконувалось циліндричним притиром діаметром 50 мм з пружною латексною основою жорсткістю 2,5-3,3 Н/мм, зовні якого оздоблено бавовняною тканиною.

Замовником надано полірувальну пасту еталон з позначенням К2, і промисловий зразок пасти з позначкою 2012. На випробувальні поверхні наносили штучні подряпини алмазною чотирикутною пірамідою Віккерса на приладі АІ2.280.005ПС

методом склерометрії з навантаженням на індентор 1 кг, 0,5 кг, 0,3 кг, 0,15 кг, 0,1 кг (рис.1, б).

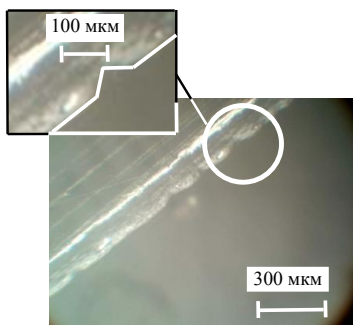


а)

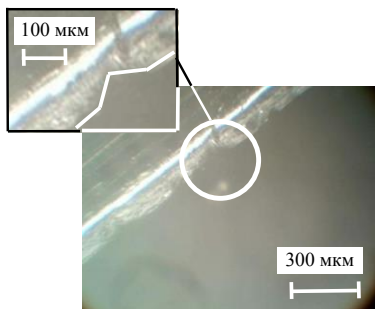


б)

Рисунок 1 – Обладнання для випробування абразивної здатності полірувальних паст: а) – трикоординатний маніпулятор; б) – мікротвердомір типу склерометр АІ2.280.005ПС з індентером алмазною пірамідою (нанесення штучних подряпин)



а)



б)

Рисунок 2 – Мікрофотографії профілю штучних подряпин на поверхні шару фарби (індентор Віккерс): а) – навантаження на індентор 3,0 Н; б) – навантаження на індентор 10 Н

Встановлено центри групування дійсних розмірів, мінімальні і максимальні значення ширини подряпин для кожного зразка після обробки полірувальною пастою при 2000 циклів (проходів) (рис.3).

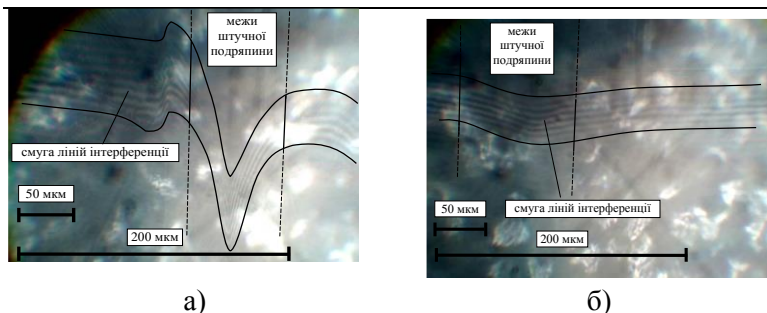


Рисунок 3 – Мікрофотографії поверхні з накладеною інтерференною до (а) і після (б) полірування лакофарбового покриття



Рисунок 4 – Порівняння ефективності полірувальних паст за різницею абразивної здатності при 2000 циклів

Встановлено, що абразивна здатність пасту 212 проявляється після 2000 проходів у порівнянні з пастою K2 і більше на 16-20%. Однак середньоарифметична дефектність після тривалого полірування (20 000 циклів) у пасту 212 перевищено і складає 2-7 мкм/см² у порівнянні з K2. Застосування пасту 212 буде ефективним для дрібних пошкоджень глибиною від 10 мкм до 25 мкм з невеликим зусиллям притискання. Пошкодження глибиною більше 30 мкм видаляються з залишком регулярної дефектності більшої ніж при застосуванні пасту K2. Профіль штучних подряпин у поперечному перетині після полірування пастою 212 має округлі симетричні бокові межі і плавне округлення дна подряпини. Абразивна здатність пасту 242 нижче порівняно з зразком K2 у 10-ть раз. За даними інтерференнограм форма

профілю подряпин після полірування пастою 242 у поперечному перетині не симетрична, має менший радіус округлення. Рекомендується не тривале полірування з пастою 212 до 10 хвилин ручного полірування з метою усунення не глибоких пошкоджень глибиною до 40 мкм.

В якості висновку можна визначити наступне. Застосовано методика випробувань контурного полірування для елементів кузовів автомобілів в рівних умовах для достовірного визначення ефективності абразивних сумішей різних рецептур з використанням автоматизованої «руки», яким є полірувальний маніпулятор замкненої кінематичної структури типу «біглайд» з поворотним столом. Опрацьовано послідовність нанесення і оцінки розмірів та форми рельєфу штучних подряпин, що є основним критерієм визначення абразивної здатності досліджуваних полірувальних сумішей.

Список використаних джерел:

1. Рожко О., Кузнецов Ю. Компонівки та конструктивні особливості біглайдів та біподів // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 19-20 грудня 2012

2. Ю.Д. Філатов, В.І. Сідорко, О.Ю. Філатов, С.В. Ковальов. Фізичні засади формоутворення прецизійних поверхонь під час механічної обробки неметалевих матеріалів. Монографія. Київ: Наук. думка, 2017. 248 с.

УДК 681.515

Б. В. Дурняк, докт. техн. наук, професор**М. М. Луцків**, докт. техн. наук, професор**Б. І. Федина**, канд. техн. наук, доцент*Українська академія друкарства***ТИПОВІ ПРОЦЕДУРИ РОЗРАХУНКУ НЕЧІТКИХ РЕГУЛЯТОРІВ**

Розглядається задача синтезу нечітких регуляторів для об'єктів, які описуються передавальною функцією із сталими параметрами.

Відсутність загальноприйнятих обґрунтованих зручних методів визначення параметрів нечітких регуляторів, застосування нечітких перетворень, зокрема логічного виводу, ускладнює їх розробку та впровадження в промисловість. У більшості застосовують паралельну схему, на вхід якої подають нормований сигнал похибки, який визначається різними методами, після чого вибирають ту чи іншу реалізацію П-, І-, Д-складових управління, над якими здійснюються різноманітні нечіткі перетворення: вибір кількості лінгвістичних змінних та функцій приналежності, висновкування (логічний вивід) і формування регулюючої дії на об'єкт. Оскільки, при синтезі використовують різні процедури нечітких перетворень і алгоритми нечіткого виводу, тому вибір оптимальних параметрів регулятора для досягнення заданих показників якості є складним завданням [1].

На основі накопиченого авторського досвіду моделювання, синтезу і налаштування параметрів нечітких регуляторів запропоновано впорядкувати окремі процедури. Нормалізація вхідних сигналів похибки регулювання та її похідної [2]

$$e = \frac{Y_0 - Y}{Y}; \quad \frac{T_s}{T_s + 1} \times e, \quad (1)$$

де e – нормована похибка; Y_0 , Y – вхідне завдання і вхід системи, T – стала часу похідної похибки.

Для фузифікації сигналів застосовано три лінгвістичні змінні – похибка, похідна похибки, які характеризуються симетричними функціями приналежності терм-множин: від'ємна похибка B , нульова похибка H і додатна D . Операція дефузифікації – кількісне визначення, логічний вивід Мамдані (B^*, H^*, D^*, SUM) . Денормалізація виводу управління

$$U = MU_H + U_0, \text{ якщо } U_0 = \frac{1}{k_0} Y_0, \quad (2)$$

де M – масштаб, параметр налагодження, U_H – нормоване управління, k_0 – коефіцієнт передачі об'єкта.

Регулююча дія на об'єкт

$$V = U + U_0, \quad (3)$$

де U_0 – сигнал зміщення управління (вибір робочої точки об'єкта).

Запропоновано табличні дані для визначення параметрів налаштування ПІ-регулятора. Для налаштування параметрів нечіткого регулятора при імітаційному моделюванні розроблено структурну схему моделі нечіткої системи керування в пакеті MATLAB: Simulink. Результати імітаційного моделювання нечіткого ПІД-регулятора для об'єктів 2-, 3- і 4-го порядків при завданні $Y_0=100$ подано на рисунку.

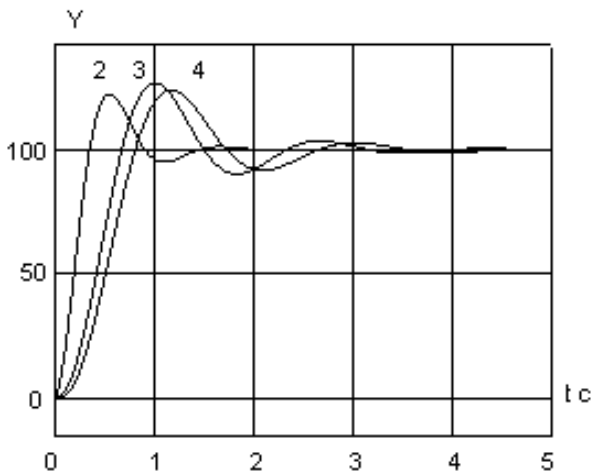


Рисунок – Графіки переходних процесів в системі з нечітким ПІД-регулятором для об'єктів різних порядків

Список використаних джерел:

1. Piegat A. Modelowanie i sterowanie rozmyte: Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, 1999. 678 s.
2. Луцьків М.М., Дурняк Б.В. Нечіткий ПІ-регулятор. Опис до патенту на корисну модель. Бюл. № 8.25.0.2. 2019. С. 1-4.

УДК 681.2

С. С. Заєць асистент

КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОБРОБКИ НА ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТАХ С ЧПК

На сучасному етапі розвитку приладобудування для виготовлення складних деталей використовується фрезерні верстати з числовим програмним керуванням - ЧПК, обробляючі центри. Вони володіють вельми великими можливостями по обробці складних по конструкції деталей, за допомогою багатьох ріжучих інструментів в автоматичному режимі без посереднього втручання робітників. Завдяки звільненню людини від безпосередньої участі у виробничих процесах, а також високій концентрації основних операцій значно поліпшуються умови праці та економічні показники виробництва [1].

Основними видами відмов ріжучого інструменту при фрезеруванні є: зношування ріжучої кромки, викришування, сколювання і поломки фрез. В наслідок відмови різального інструмента підвищується відповідно відсоток браку й зменшується продуктивність всього технологічного процесу, що приводить до зростання витрат на відновлення порушень у технологічній системі. [2]

Незмінною частиною пристрою, що підвищення надійності, є ПЧПП, в яку вводять програму і є набором окремих чисел, цифр і букв, наступних в певному порядку. Ця програма закодована в певній системі числення і нанесена на програмо носій. Після зчитування з програмо носія закодована програма зазнає в ПЧПП зворотний процес декодування, тобто систему прогнозування відрізняє дискретний характер завдання і проходження сигналів. У програмі містяться всі відомості про такий процес обробки, який гарантує дотримання в допустимих нормах всіх заданих вихідних параметрів: точності, продуктивності, собівартості, стійкості інструменту і т. д. Проте максимальна ефективність використання верстата не завжди співпадає з виконанням цих норм. Часто потрібен достатньо високий рівень одного або декількох показників процесу за умови, що рівні інших не вийдуть за допустимі межі. Наприклад, потрібно одержати високу продуктивність при певній точності або собівартості або знайти

деякі компромісні значення продуктивності і економічній стійкості інструменту. Іншими словами, слід оптимізувати процес обробки відповідно до поставленої мети [3,5].

Погрішність програми можна, у свою чергу; розділити на погрішність апроксимації і погрішність, пов'язану з дискретизацією. Ці погрішності для різних випадків детально розглянуті в роботі [4,6].

Стратегія прогнозування верстатом спільно з процесом обробки на ньому, побудована із застосуванням прогнозуючої моделі, повинна передбачати організацію прогнозування за наступним ієрархічним принципом.

Список використаних джерел

1. М.М. Тверской «Автоматическое управление режимами обработки деталей на станках» – М.: «Машиностроение», 1982, 236 с.;
2. В.А. Коробов «Адаптивное управление в станках с ЧПУ»: Обзор. – М.: НИИмаш, 1979, 76 с.;
3. В.А. Бесекерский «Цифровые автоматические системы» – М.: Наука, 1976, 576 с.
4. В.А. Ратмиров «Основы программного управления станками» – М.: Машиностроение, 1978, 240 с.;
5. С.С. Заець «Система діагностування стану обладнання в процесі виготовлення деталей приладів» ХІХ Міжнародна науково-технічна конференція “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна, с. 43-45.
6. В.В. Шевченко, С.С. Заець, Є.В. Богачов, Є.І. Коробцов «Система діагностики працездатності різального інструменту на верстатах із ЧПК» Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки 29 (68), № 2 с. 198-202

УДК 681.26

Б. А. Кріль, канд. техн. наук, с.н.с., доцент

В. В. Шалева, аспірант

М. І. Бугайчук, магістрант

О. В. Кріль, ст. викладач

Національний університет «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАГОВИХ КОМІРОК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ ІНФУЗІЙНИХ РОЗЧИНІВ

При модернізації системи керування технологічною лінією WDH 8002, яка призначена для вагового дозування інфузійних розчинів в хіміко-фармацевтичній галузі, виникла необхідність заміни вагових комірок, з допомогою яких проводиться вагове дозування, для покращення їхніх метрологічних та динамічних характеристик в умовах вібрацій. В цій високопродуктивній технологічній лінії, для якої проводилась модернізація системи керування з застосуванням вільнопрограмованих логічних контролерів, процес вагового дозування одночасно ведеться в вісім флаконів, які переміщуються шнековим транспортером на вагові комірки. В оригінальній ваговій комірці застосовано давач ваги з значною деформацією при номінальному навантаженні та низькою механічною резонансною частотою.



Рисунок 1 – Вид на тензорезисторного датчика ваги SP8C3 з перехідними елементами для кріплення в ваговій комірці технологічної лінії WDH 8002 для дозування інфузійних розчинів

Для роботи в умовах вібрацій і механічних збурень він залитий силіконовою рідиною з високою в'язкістю, але це призводить до збільшення часу встановлення результатів зважування з заданою точністю.

При виборі більш сучасного тензорезисторного давача ваги для вагової комірки перевагу було надано одноточковому давачу ваги виробництва фірми НВМ типу SP8C3 з межею зважування 0-5 кг. Цей давач спроектований для застосування в умовах значних вібрацій і механічних коливань технологічного обладнання. Він має високу власну резонансну частоту і малу деформацію при навантаженні. Габаритні розміри при застосуванні двох перехідних елементів дозволяють його розмістити в корпусі вагової комірки (див. рис. 1) без застосування демпферної рідини.

З метою підтвердження доцільності застосування вибраних тензорезисторних давачів при модернізації вагових комірок технологічної лінії, нами були порівняльні дослідження існуючих та модернізованих вагових комірок за наступними параметрами та характеристиками:

1. Вимірювання та порівняння деформації давачів при навантаженні 2 кг.
2. Вимірювання власних механічних резонансних частот.
3. Запис коливних процесів для обох зважувальних комірок при стрибкоподібному наповненні флакона рідиною.
4. Визначення середньоквадратичного відхилення результатів дозування на діючій технологічній лінії з застосуванням можливостей модернізованої системи керування.
5. Перевірка результатів дозування шляхом зважування на зразковій вазі.

На основі результатів досліджень при модернізації системи керування технологічною лінією дозування інфузійних розчинів WDH 8002 на АТ "Галичфарм" (м. Львів) було реконструйовано 12 вагових комірок (4 з них резервні). Після модернізації досягнуто зменшення середньоквадратичного відхилення в довільній вибірці з десяти послідовних результатів дозувань приблизно в три рази при збереженні продуктивності лінії.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ПЕЧІ

Хлібопекарська промисловість є значущою галуззю господарства України, оскільки забезпечує населення основним харчовим продуктом. Показником ефективності процесу є температура в зоні випікання хліба. Підтримання цього параметру на заданому рівні є метою керування.

Вихідним параметром технологічного об'єкта є якість готового продукту та продуктивність печі. На якість хліба можна вплинути вхідними параметрами: температура в зоні гідротермічної обробки, температура в зоні випікання хліба та кількість хліба, що завантажуються в піч. Також на даний параметр діють збурення: початкова вологість тіста, тиск в печі та температура навколишнього середовища. Оскільки даний технологічний об'єкт не потребує високих швидкостей регулювання технологічних параметрів ні для температури в зоні випікання хліба, ні для температури в зоні гідротермічної обробки, то використовуємо одно контурні схеми регулювання цих параметрів. На якість кінцевого продукту найбільше впливає початкова вологість тіста, температура в зоні гідротермічної обробки та температура в зоні випікання та кількість заготовок, що завантажуються у піч. Регулювання кількістю заготовок, що надходять у піч не застосовується, оскільки це впливає на продуктивність печі, тому регулювання якістю кінцевого продукту здійснюємо зміною температури в зоні випікання та в зоні гідротермічної обробки. На продуктивність печі впливають такі вхідні параметри: кількість заготовок з тіста, що надходять у піч та температура у зоні випікання. Температура в зоні випікання хліба регулюється за допомогою регулювання витрати газу, що поступає у піч. Температура в зоні гідротермічної обробки регулюється за допомогою подачі пари.

Щоб розрахувати систему автоматичного регулювання визначимо математичну модель об'єкту [1]. Математичну модель об'єкта регулювання для розрахунків оптимальних параметрів настройки регулятора знаходимо у вигляді функції передачі. При

чисельному методі знаходження параметрів моделі скористаємось пакетом Matlab, що дозволяє створювати функції передачі різної структури, знаходити їх перехідні функції, вирішувати оптимізаційні задачі.

Маючи експериментальну криву розгону і вимоги до якості процесу регулювання було:

-визначено функцію передачі об'єкта регулювання :

$$W(p) = \frac{0.6}{(19.128p + 1)(19.128p + 1)(19.128p + 1)}, \quad (1)$$

-побудовано розраховану криву розгону, порівнявши її значення із значеннями експериментальної кривої розгону і отримавши похибку 4.592%.

-вибрано одноконтурну схему системи автоматичного регулювання і розраховано для неї параметри настроювання ПІ-регулятора.

Функція передачі ПІ-регулятора

$$W_{PI}(p) = 2.429 + \frac{0.0594}{p}. \quad (2)$$

Дослідивши перехідний процес САР із оптимальними параметрами ПІ-регулятора при регулюючої дії 10% ходу РО, висновок такий, що ПІ-регулятор може забезпечити якісний процес регулювання з такими критеріями якості:

Максимальне динамічне відхилення $A_1=2.6$ °С задовольняється ($A_{1\text{задане}}=4$ °С). Час регулювання $t_p=114$ с із заздалегідь встановленою похибкою $\Delta=\pm 0.5$ °С задовольняється ($t_{p\text{задане}}=300$ с).

Список використаних джерел:

1. Л.М. Артюшин, О.А. Машков, Б.В. Дурняк, М.С. Сівов. Теорія автоматичного керування. — Львів: Видавництво УАД, 2004.

УДК 681.5.08

В. В. Лисенко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

СТАРТЕРНА СИСТЕМА ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ БПЛА

БПЛА (безпілотні літальні апарати) вже сьогодні є важливим сегментом світового ринку, що стрімко розвивається. І цей сегмент знаходить застосування в абсолютно різних сферах науки і промисловості і також у воєнному використанні.

Виконання завдань транспортування значного навантаження, збільшення тривалості і дальності польоту потребує великої енергоефективності силової частини БПЛА. Сучасні АКБ і пов'язані з ними електричні двигуни не в повній мірі відповідають всім цим вимогам, тому розглядається можливість створення літального апарата – коптера з двигунами внутрішнього згоряння, які будуть основними елементами силової частини БПЛА.

У результаті аналізу характеристик і складу діючих аналогів відповідно технічним вимогам до стартерної системи, був створений власний варіант автоматизованої стартерної системи на базі мікропроцесорного контролера управління (МКУ).

МКУ забезпечує ручний або автоматизований стартерний запуск чотирьох ДВЗ зі стартерами типу HJX42RH13.7 (24 В) і системою запалення CDI Model:A-02 з датчиком обертів.

В процесі проектування системи важливе значення мав вибір методу найточнішого одночасного вимірювання обертів. З аналізу відомим нам: метод F – підрахування кількості імпульсів за одиницю часу і метод T – визначення періоду між появою цих імпульсів, було визначено, що кожний з них має певний ряд недоліків і обмежень [1]. Тому було прийнято рішення реалізувати свій метод вимірювань – метод N. Суть цього методу полягає у підрахунку кількості переходів (змін) рівнів сигналів датчиків обертів за певний час. Для цього в робочій програмі мікроконтролера використовується функція обробки переривань від внутрішнього таймера-лічильника. Період опитувань вибрано таким, щоб забезпечити фіксацію зміни стану рівня сигналів при високій швидкості обертання. Дослідження осцилограм сигналів і

розрахунки показали, що оптимальний період опитування складає 1,024 мілісекунди.

МКУ вимірює частоту обертів двигунів по сигналам датчиків Холла з систем запалення в діапазоні від 0 до 8000 обертів на хвилину, з абсолютною похибкою не більше -30 об/хв. Час вимірювання – 1 секунда.

Для контролю напруги живлення в МКУ застосовується цифрова 3-х розрядна індикація напруги живлення МКУ, стартерів, системи запалення.

При автоматизованому режимі запуску МКУ забезпечує виконання передстартової і стартової циклограм з проведенням контролю запуску.

Для зменшення впливу завад в МКУ включені елементи гальванічної розв'язки інформаційних сигналів і сигналів керування від вхідних-вихідних портів автопілота.

При проведенні стендових випробувань ДВЗ система працює в ручному режимі керування з передачею вимірювальної інформації про оберти ДВЗ до комп'ютера по стандартному послідовному інтерфейсу.

З метою підвищення інформативності стану системи і забезпечення безпеки експлуатації МКУ має елементи світлової і звукової сигналізації.

Швидкість розвитку технологій в сучасному світі, а також перспективи використання безпілотних технологій промислового і воєнного застосування дозволяє зробити однозначний висновок, що виконання науково-дослідних робіт у цьому напрямку є актуальною задачею.

Список використаних джерел:

1. Цифрові вимірювальні прилади : навч. посіб. / В.М. Чинков. – Харків : НТУ «ХП», 2008. – 508 с.

ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНИХ РЕФЛЕКТОМЕТРІВ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ КІБЕРФІЗИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Забезпечення неруйнівного контролю композитних конструкцій кіберфізичних об'єктів є одним із важливих елементів їх безаварійної експлуатації. Питаннями неруйнівного контролю займалися Буря О. І, Клименко С. В. та інші. Питаннями аналізу волоконно-оптичних ліній займалися Каток В. Б та інші. При цьому на сучасному етапі використовують методики, що вимагають проведення регламентних робіт у спеціально обладнаних для цього місцях, а саме на ремонтних базах. Водночас існує досвід використання оптичних рефлектометрів для контролю пошкоджень та стану волоконно-оптичних ліній зв'язку та систем контролю периметрів. При цьому, для виконання першої з вказаних задач використовують класичні рефлектометри, що демонструють усереднену картину та дають змогу побачити суттєві події, відсікаючи шуми. Для виконання другого завдання використовують фазочутливі рефлектометри, що показують найменші вібрації волокна.

В рамках контролю за станом конструкції кіберфізичних об'єктів можна виділити наступні параметри, що потребують контролю:

- наявність мікротріщин та пошкоджень конструкції;
- рівень вигину та кручення конструкції;
- вібрація.

Наявність мікротріщин та пошкоджень конструкції виявляє будь-який оптичний рефлектометр, якщо в конструкцію вмонтовано оптичне волокно, що має такі ж параметри міцності на розрив та відносного видовження, як і матеріал навколо. Для визначення місцеположення пошкодження необхідно використовувати спеціальні методи вкладання оптичного волокна.

Рівень вигину та кручення може визначатися двома методами. Перший – це порівняння рефлектограм на двох різних довжинах хвиль та визначення різниці між рівнями згасання сигналу. Для цього методу необхідним є одночасна робота рефлектометра на двох довжинах хвиль, а саме 1310 нм та 1550 нм. Другий метод

базується на визначенні зміни фази сигналу та шумів залежно від вигину та кручення конструкції. Для дослідження вигину оптичне волокно повинно розташовуватися вздовж деталі, а для визначення кручення під кутом 90° до неї.

Вібрацію можна дослідити за допомогою фазочутливого рефлектометра. Різниця рівнів, зафіксованих рефлектометром, відображає рівень вібрації (рис 1).

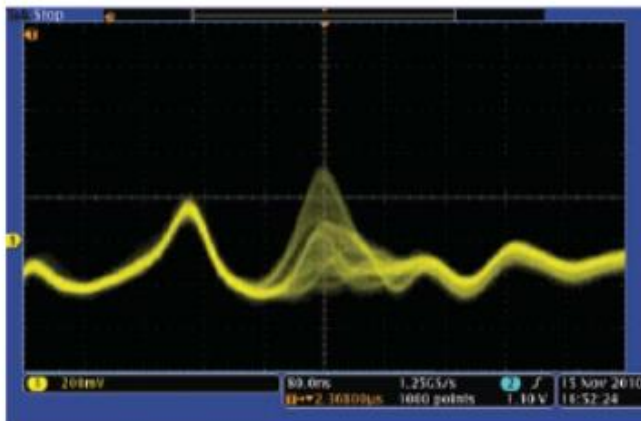


Рисунок 1 – Дослідження вібрації на фазочутливому оптичному рефлектометрі

Отже, методи визначення пошкоджень оптичного волокна та його вібрацій є відпрацьованими та надійними. Водночас необхідно дослідити та експериментально перевірити практичну можливість використання цих методів для здійснення неруйнівного контролю авіаційних конструкцій.

Список використаних джерел:

1. Клименко С. В., Кисельов П. Г., Кулик О. В. Ультразвуковий неруйнівний контроль якості виробів з полімерних композитних матеріалів ракетно-космічної техніки. *Системні технології*. 2021. №3 С. 135-148.
2. ДСТУ 2865-94. Контроль неруйнівний. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. К., 1995. 52 с.

УДК 655.253.3

М. М. Луцків, д-р техн. наук, професор**О. В. Шевчук**, канд. техн. наук, ст. викл.**Р. Р. Карпин**, аспірант*Українська академія друкарства*

СИНТЕЗ РЕДАКЦІЙНОЇ ТОНОПЕРЕДАЧІ КОРОТКИХ ДРУКАРСЬКИХ СИСТЕМ

Для друкування газет і простої поліграфічної продукції почали застосовувати прості за конструкцією друкарські системи, у яких відсутнє зональне регулювання подачі фарби. Основним їх недоліком є залежність товщини фарби від інтервалу тонопередачі, яка зменшується на 20-30%, що значно погіршує якість продукції. Найвні методи синтезу тонопередачі здійснюються за умови, що товщина шару фарби є сталою, тому не забезпечується якість продукції. Отже, існує проблема синтезу редакційної тонопередачі коротких друкарських систем.

Розроблено алгоритм інформаційної технології синтезу редакційної тонопередачі для друкарської системи паралельної структури на основі математичної моделі, вираженої кількістю фарби на одиницю площі растрових елементів і моделі демодуляції. Синтез корегованого тоновідтворення здійснено на основі вибраного варіанту градаційної характеристики D_r^* , яка враховує інформаційний зміст зображення, яка для заданих тонів D_ϕ .

$$D_r^* = D_\phi V^g, \text{ якщо } 0 \leq V \leq 1$$

де g – показник степені вибирається залежно від інформаційного змісту зображення, наприклад, яскраве зображення $g = 0,5$, світле $g = 0,7$.

Розроблено структурну схему моделі симулятора синтезу редакційної тонопередачі для растрових елементів квадратної форми у пакеті *MATLAB Simulink*. В інтерактивному режимі роботи симулятора визначили параметри коригувальних ланок для яскравих і світлих зображень. Результати імітаційного моделювання скоригованих площ для різних тонів подані на рис. 1.

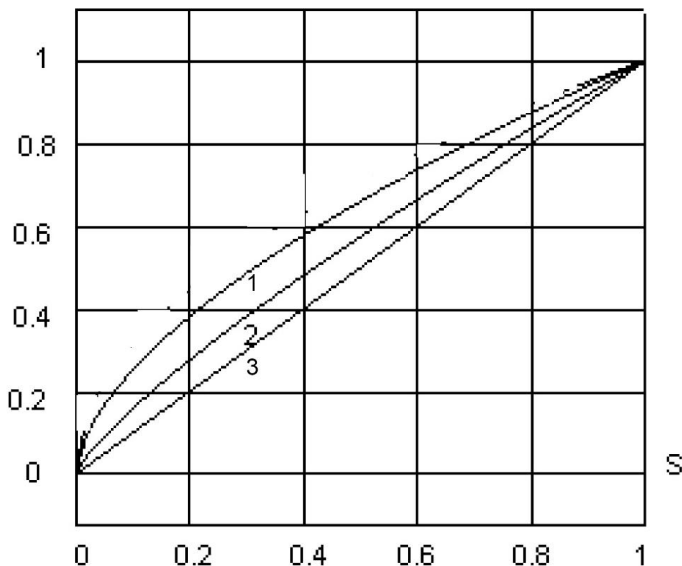


Рисунок 1 – Характеристики скорегованого растрового перетворення коригувальних ланок

Перша крива відповідає яскравим зображенням, друга – світлим, а третя – лінійній растровій шкалі. Запропонований синтез забезпечує якісну тонопередачу на всьому інтервалі тонів і нормативні вимоги щодо якості книжкової і журнальної продукції.

Список використаних джерел

1. Луцків М. М., Карпин Р. Р. Визначення оптичної густини за товщиною фарби для коротких друкарських систем. *Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. праць*. Львів: УАД, 2019. №2 (42). С. 20-28
2. Луцків М., Карпин Р.Д., Федина Б. Моделювання градаційних спотворень при зміні товщини потоку фарби на інтервалі тоновідтворення. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2021. № 2 (46). С. 63–72.

УДК 655.226

М. М. Луцків, докт. техн. наук, професор**Б. І. Федина**, канд. техн. наук, доцент**В. Р. Бубен**, аспірант*Українська академія друкарства*

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ТОНОВІДТВОРЕННЯ ОРИГІНАЛІВ І РЕПРОДУКЦІЇ

Розглядається задача розроблення нечіткої моделі відтворення інтенсивності зеленого кольору знімка спортсмена у світло-зеленій формі на фоні зелених гір із застосуванням редакційної тонопередачі із випуклою градаційною характеристикою на основі методу фузифікації Мамдані. Для цього застосовано лінгвістичні змінні для трьох діапазонів тонів: світло-зеленого, середнього і зеленого насиченого.

Відповідно до процедури побудови нечіткої моделі на градаційній характеристиці вибрано три характерні точки з координатами $R_1 [0, 0]$, $R_2 [1, 1]$, $R_3 [2, 2]$, які застосовано для перетворення вхідної оптичної густини зеленого кольору D_x у вихід D_y , яка найбільш наближена до перетворення $D_x \rightarrow D_y$. Тоді нечітка модель Мамдані тоновідтворення оригіналів і репродукції матиме вигляд множини нечітких правил (бази даних):

$$\begin{aligned} R1: & \text{ЯКЩО } (D_x \in A_1) \text{ ТО } (D_y \in B_1), \\ R2: & \text{ЯКЩО } (D_x \in A_2) \text{ ТО } (D_y \in B_2), \\ R3: & \text{ЯКЩО } (D_x \in A_3) \text{ ТО } (D_y \in B_3), \end{aligned} \quad (1)$$

де множина $A_1 = \text{окіл } 0$, $A_2 = \text{окіл } 1$, $A_3 = \text{окіл } 2$, яким відповідають функції приналежності $\mu_{A_i}(x)$.

Кожне правило визначає типові властивості тоновідтворення, яке геометрично відповідає точці на площині $D_x \times D_y$. Результати побудови нечіткої моделі (виходи) відповідають нечітким множинам $B_1 = \text{окіл } 0$, $B_2 = \text{окіл } 1$, $B_3 = \text{окіл } 2$, яким відповідають функції приналежності $\mu(y)$.

Поставлену задачу розв'язано методом імітаційного моделювання, застосувавши об'єктно-орієнтоване програмування в пакеті MATLAB: Simulink [2].

На основі викладеного методом паралельного агрегування операційних блоків функцій приналежності *Triangular MF*

опрацьовані симулятор нечіткої моделі тоновідтворення оригіналів і репродукції зеленого кольору.

Подані результати імітаційного моделювання у вигляді графіків функцій приналежності, які зміщені ліворуч діапазоном світло-зеленого кольору. Кожній оптичній густині D_x відповідає два конкретні числові значення функції приналежності. Вони характеризують ступінь належності до інтенсивності кольору. Для логічного виводу здійснено масштабування функцій приналежності у відносних оптичних густинах B^* (множення на 100 %).

Результати імітаційного моделювання висновкування функцій приналежності нечіткої моделі редакційного тоновідтворення, поданих відносною оптичною густиною у відсотках, зображено на рисунку 1.

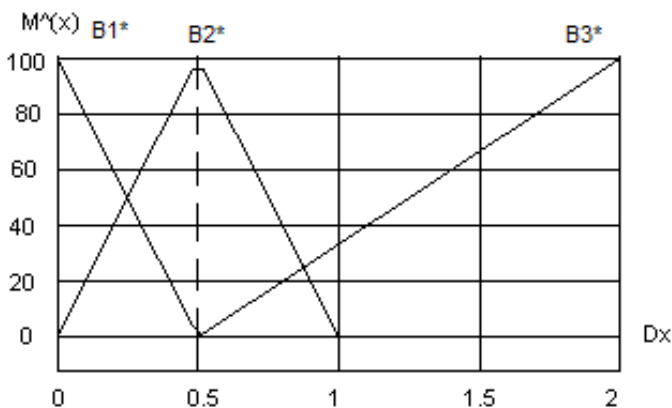


Рисунок 1 – Графіки результатів висновкування функцій приналежності

Список використаних джерел:

1. Луцків М.М. Нечітка модель інтервалу оптичних густин оригіналів і репродукцій. Поліграфія і видавнича справа: *Зб. наук. праць. Львів*: УАД. 2016. № 2 (72). С. 66–71.
2. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия. Телеком, 2007. 288 с.

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

У сучасній виробничій системі при автоматизації технологічного процесу все частіше виникають завдання збору даних з різних складових елементів машини для їх аналізу відповідно до стандарту ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness – загальна ефективність обладнання). Для цього система автоматичного керування (САК) технологічного обладнання повинна включати декілька рівнів і виконувати, окрім функцій керування робочим процесом, також функції його технічного обслуговування і керування забезпеченням витратними матеріалами. Для цього САК повинна забезпечити на нижньому рівні моніторинг і збір виробничої інформації, а на вищих рівнях – її аналіз і формування впливів керування. Технологічне обладнання оснащують датчиками та застосовують комп'ютеризовані комплекси із спеціальним програмним забезпеченням, що включають алгоритми штучного інтелекту для автоматичного збору та обробки інформації, а також для прогнозного діагностування його стану. Така система керування може бути віднесена до інтелектуальних САК, оскільки на базі результатів моніторингу здатна виправляти "недоліки" робочого процесу, експлуатаційні відмови механічної частини технологічного обладнання і відслідковувати наявність розхідних матеріалів [1, 3].

Встановивши з'єднання між інтелектуальним пристроєм і пристроєм дротового або бездротового зв'язку, програмний додаток, встановлений на інтелектуальному пристрої, може відобразити технологічні, експлуатаційні та виробничі параметри машини.

Технологічні параметри – параметри, пов'язані з реалізацією технологічних режимів, наприклад, температура в робочій зоні, тиск, швидкість переміщення механізмів тощо.

Експлуатаційні параметри – це параметри, пов'язані з швидкозношуваними деталями машини. Відповідно, засобом визначення експлуатаційних параметрів може бути будь-який

датчик, здатний визначати зношування відповідного компонента. Завдяки періодичному або безперервному моніторингу експлуатаційних параметрів машини можуть виявлятися зламани або зношені деталі або компоненти машини.

Виробничі параметри – це параметри, безпосередньо пов'язані з процесом виробництва виробів, наприклад кількість спожитих витратних матеріалів, чи підрахунок кількості циклів деяких машинних компонентів, наприклад підрахунку кількості ходів циліндра при нанесенні логотипу на вироблену продукцію.

Наявність постійного моніторингу цих трьох видів параметрів при функціонуванні технологічного устаткування надає можливість створити передумови для прогнозного технічного обслуговування, оскільки програмно-технічний комплекс здійснює безперервну діагностику, оцінку ресурсу вузлів та деталей, аналіз та прогнозування зміни технічного стану обладнання. Методологія інтелектуального обслуговування технологічної машини дозволяє попереджувати відмови обладнання шляхом інтерактивної оцінки його технічного стану за сукупністю даних, що надходять з датчиків і полягає в пошуку тієї точки часу, в якій показники роботи починають падати.

Окрім того, зібрані дані надають інформацію, яка при розміщенні в одній базі даних дозволяє здійснити обчислення показника ОЕЕ та докладний аналіз роботи обладнання. Інтегрований показник ефективності роботи обладнання (ОЕЕ – overall equipment effectiveness, загальна ефективність обладнання) $E_{заг}$ – дає змогу провести аналіз втрат продуктивності та виявити проблемні місця в обладнанні. Розрахунок показника $E_{заг}$ проводиться за такою формулою:

$$E_{заг} = \eta_{вик} \cdot \eta_T \cdot (1 - \gamma),$$

де: $\eta_{вик}$ – критерій доступності обладнання відомий як коефіцієнт використання,

η_T – критерій продуктивності, тобто коефіцієнт технічного використання,

γ – відсоток бракованої продукції, відповідно критерій якості складе $(1-\gamma)$.

Кожен із цих трьох критеріїв розраховується за окремою формулою.

Розрахунок критерію доступності здійснюється за виразом

$$\eta_{\text{вик}} = \frac{\tau_{\text{оп}}}{\tau_{\text{оп}} + \tau_{\text{пр}}}.$$

Тут $\tau_{\text{оп}}$ – операційний час, тобто. час, коли обладнання справді працювало та випускало продукцію, $\tau_{\text{пр}}$ – час позапланових зупинок.

Вираз для розрахунку критерію продуктивності набере вигляду

$$\eta_T = \frac{T_P}{T_\Phi}$$

де T_P і T_Φ – розрахункова і фактична тривалість виготовлення одного виробу відповідно.

Критерій продуктивності враховує втрати, пов'язані із зменшенням швидкості виробництва, яка може знижуватися через зношування обладнання, використання матеріалів низької якості, вплив людини.

Розрахунок критерію якості визначається як відносна кількість придатної продукції. Світові стандарти для цих критеріїв нині такі: доступність $\eta_{\text{вик}} = 0,9$, продуктивність $\eta_T = 0,95$, якість $\gamma = 0,99$. Загальний показник ефективності обладнання $E_{\text{заг}} = 0,85$. У міжнародній практиці прийнято вважати, що показник загальний показник ефективності обладнання $E_{\text{заг}}$ вважається при його значенні понад 0,75 – добрим, від 0,65 до 0,75 – задовільним, а меншим 0,65 – поганим.

Для об'єкта моніторингу, що оснащується системою, створюється емпірична модель, яка будується на підставі значень технологічних параметрів (векторів стану) за період роботи об'єкта, що приймається за базовий період, з яким проводитиметься порівняння поведінки об'єкта для виявлення відхилень технічного стану. Раннє виявлення дефектів і відмов у роботі дозволяє діагностувати проблеми до того, як вони перетворюються в аварії (рис. 1). Коли ми бачимо погіршення показників роботи, наприклад за допомогою карт індивідуальних значень Шухарта [2], то розуміємо, що потрібно готуватися до відмови обладнання, і слід проводити технічне обслуговування чи ремонт.

При використанні карт індивідуальних значень контрольні межі розраховують на основі міри варіації, отриманої по ковзних розмахах зазвичай двох послідовних спостережень. Ковзний розмах — це абсолютне значення різниці вимірів в послідовних парах, тобто різниця першого і другого вимірів, потім другого і

третього і так далі. На основі ковзних розмахів обчислюють середній ковзний розмах $R_{сер}$, який використовують для побудови контрольних карт. Також за всіма даними обчислюють загальне середнє X^0 .

В таблиці 1 наведені результати аналізу загальної ефективності технологічної машини на протязі 10 місяців.

Таблиця 1 – результати аналізу загальної ефективності технологічної машини

Найменування показника	Значення									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальна ефективність $E_{заг}$	0,93	0,92	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87	0,87
Ковзний розмах $R_{сер}$		0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0

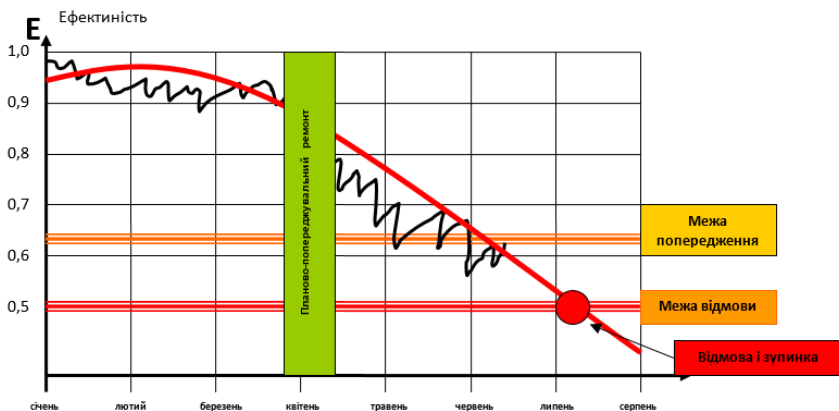


Рисунок 1 – Приклад аналізу загальної ефективності технологічного обладнання

Визначимо середнє значення показника ефективності

$$E_{заг}^{сер} = \frac{1}{10} (0,93 + 0,92 + 0,93 + \dots + 0,87 + 0,87) = 0,907.$$

Середній ковзний розмах складе

$$R_{сер} = \frac{1}{9} (0,2 + 0,4 + 0,3 + \dots + 0,1) = 0,089.$$

Значення НКМ, яке вкаже на наявність наближення відмови, визначиться за формулою

$$НКМ = E_{заг}^{cep} - \frac{3}{d_2} \cdot R_{cep} = 0,907 - \frac{3}{1,128} \cdot 0,089 = 0,67 .$$

Значення коефіцієнтів d_2 і $E_2 = 3/d_2$ отримані із таблиць для карт індивідуальних значень Шухерта при кількості вимірювань $n=2$ [2].

Список використаних джерел

1. Алгоритми функціонування та програмне забезпечення багаторівневої системи моніторингу стану та технічного діагностування обладнання об'єктів електроенергетики / М. В. Мислович, Р. М. Сисак, Л. Б. Остапчук [та ін.] // Техн. електродинаміка. – 2016. – № 4. – С. 86–88.

2. ГОСТ Р 50779.42 – 99(ИСО 8258 – 91). Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. Введ. 1999-04-15. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1999. – 36 с.

3. Деревянченко А. Г. Интеллектуальная система диагностирования отказов и восстановления режущей части инструментов / А. Г. Деревянченко // Искусств. интеллект. 2013. – № 1. – С. 218–224.

УДК 004.896 (075.8) : 621.391.175

Б. О. Пальчевський, докт. техн. наук, професор

Луцький національний технічний університет

Л. Ю. Крестьянполь, канд. техн. наук, доцент

Волинський національний університет

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Метою дослідження є підвищення ефективності виробництва за рахунок зниження часу простоїв обладнання в ремонті. Одним із варіантів технічного розв'язання даної задачі є здійснення оперативного моніторингу і збору даних по експлуатаційних параметрах обладнання за допомогою комплексу датчиків та аналіз отриманої інформації для автоматичного визначення проблемних вузлів і деталей обладнання на основі застосування експертних систем (ЕС). Для цього система керування технологічного обладнання завдяки включення до її складу ЕС здатна на базі результатів моніторингу і аналізу отриманих даних виправляти експлуатаційні відмови механічної частини обладнання і відслідковувати загрозу появи нових. Однак в цьому випадку необхідно створити принципові підходи побудови алгоритмів їх спільної роботи та методика формування ЕС для діагностування конкретних видів технологічного обладнання, що і є метою даної роботи.

Технологія розробки експертної системи, що працює на основі продукційних правил, включає процедури:

- створення послідовності запитань,
- введення відповідей на них,
- формування серії тверджень IF-THEN для усунення будь-яких висновків, які не відповідають наданим даним,
- виведення висновків, які не були усунені.

Підсистема ЕС для інформаційної підтримки моніторингу складається з процедурної компоненти - це база правил (БП) та декларативної – бази даних (БД). БД включає довідкові таблиці значень параметрів контролю і діагностування з можливістю їх оновлення, редагування, обробки, аналізу та поповнення. БП представлена набором продукційних правил на основі алгоритму,

що задає послідовність діагностики основних підсистем технологічного обладнання [1].

Створення ЕС для прогностичного обслуговування обладнання в виробничих умовах здійснюється поетапно.

На першому етапі забезпечується відображення даних, моніторинг стану обладнання, для чого на промислове обладнання встановлюють датчики (в найважливіших місцях обладнання), виконавчі механізми, контролери. В результаті стає можливим збирання інформації. При обробці величезного масиву неструктурованих даних, що надходять із датчиків, їх фільтрація та адекватна інтерпретація стає пріоритетним завданням. Тому особливої значущості набуває створення програми для обробки інформації. Саме тут важливу роль відіграє ЕС.

Другий етап – створення алгоритмів та підпрограм, які ґрунтуються на розумінні того, як зміна параметрів впливає на роботу обладнання. Тут необхідно визначити граничні значення експлуатаційних параметрів, при досягненні яких необхідно виконувати ті чи інші операції технологічного обслуговування обладнання.

Вибір стратегії ЕС для прийняття рішень визначає послідовність застосування правил для багатоетапного процесу [2]:

$$u_t = \varphi_n(z^t, u^{t-1}),$$

де u – обрана стратегія ЕС для прийняття рішень,

z^t – значення процесу в часі t ,

φ – оператор переходу.

Значного спрощення процесу побудови діагностичної стратегії можна досягти за допомогою методу аналізу дерева несправностей (fault tree analysis, FTA), що сприяє ретельному аналізу причин відмов і збоїв технологічних систем і розробці ЕС заходів для їх усунення. Тут відбувається з'єднання системних відмов з відмовами її елементів, а їх, в свою чергу, з подіями та впливами, що їх породжують. При аналізі виникнення відмови дерево складається з послідовностей і комбінацій порушень і несправностей і являє собою багаторівневу графову структуру причинно-наслідкових зв'язків, отриманих в результаті відстеження розвитку небезпечних ситуацій в зворотному порядку, з метою виявлення можливих причин їх виникнення (рис.1). Саме такий зворотний порядок аналізу несправностей

обладнання є найбільш зручною стратегією *и* для прийняття рішення ЕС.

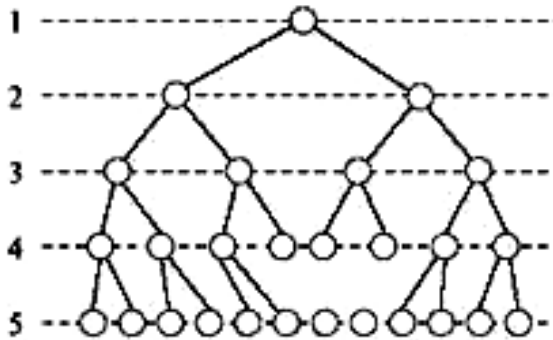


Рисунок 1 – Умовна схема побудови дерева несправностей:
 1 – відмова обладнання, 2 – відмови механізмів, 3 – відмови вузлів і деталей, 4 – події, що породжують відмову, 5 – види впливів

В реальних виробничих умовах технологічне обладнання може мати множину відмов, перелік яких визначається експериментальним шляхом [3], то для аналізу і діагностування стану обладнання слід побудувати з дерев несправностей, кожне з яких відповідає одному виду відмови, «ліс відмов». Його особливістю буде те, що одні і тіж події і впливи можуть викликати різні відмови в майбутньому. Саме тут основну роль відіграє ЕС. Відзначимо, що якщо основною перевагою “дерева відмов” порівняно з блок-схемами є облік причинно-наслідкового зв'язку між відмовами елементів, то “дерево подій” дає картину фізичних процесів, які призводять елементи і систему до критичних станів.

Послідовність моделювання робочих процесів у технологічному обладнанні за допомогою діаграм причинно-наслідкових зв'язків типу «дерево подій» дозволяє виявити закономірності їх виникнення та попередити конкретні події, які розглядаються як відмови.

Передумови виникнення відмови у технологічному обладнанні можуть бути поділені на дві групи:

1) старіння, забруднення, зволоження, перегрів або переохолодження елементів технологічного обладнання з природних причин або внаслідок зовнішніх впливів;

2) помилкові дії, мимовільно або навмисне допущені людьми при конструюванні, виготовленні, монтажі, технічному обслуговуванні та ремонті технологічного обладнання. Вони можуть бути обумовлені:

- a) внутрішніми причинами – відсутністю належних психологічних установок, знань та навичок,
- b) зовнішніми факторами – недосконалістю обладнання та технології,
- c) напруженістю праці чи несприятливими умовами середовища.

Складність побудови дерева подій обумовлена відсутністю нині строгих формальних процедур його реалізації, що іноді дозволяє відносити цей етап швидше до мистецтва (евристики), ніж до науки.

При якісному аналізі дерева подій визначаються мінімально необхідні для виникнення відмови передумови і їх поєднання, а також і мінімально необхідні передумови та їх поєднання, які формують недопущення відмови.

Список використаних джерел:

1. Экспертные диагностические системы / ИНФОРМПРИБОР; сост. : А. Л. Корчемный, П. В. Цыков. – М. : [б.и.], 1989. – 44 с.
2. В. Palchevskyi. IMPROVING THE EFFICIENCY OF INTELLECTUAL PACKAGING SYSTEMS // Technological complexes.-Scientific journal. – Lutsk: Lutsk national technical university, 2018, №1(15).- p.4-14.
3. В. Palchevskyi, L. Krestianpol. Use Of The \Digital Twin" Concept For Proactive Diagnosis Of Technological Packaging Systems// Communication Control and Intelligent Systems - IJISA MECS Press "Комунікації в галузі інформатики та інформатики", видавництво "Springer Verlag", vol 1158. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61656-4_29

УДК 681.51: 663.531.02

Б. О. Пальчевський, докт. техн. наук, професор

Л. М. Маркіна, ст. викладач

Луцький національний технічний університет

ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРИГОТУВАННЯМ ЗАМІСУ

Технологічний процес виробництва спирту із крохмалевмісної сировини полягає в очищенні та підготовці сировини, оцукрюванні розвареної маси та охолодженні сусла, приготуванні посівної культури дріжджів, зброджуванні сусла, перегонці бражки та ректифікації спирту [1].

Стадія приготування зернового замісу є однією з ключових у спиртовому виробництві. Мета водно-теплової обробки зерна та полягає в зруйнуванні клітинної структури сировини і переведенні крохмалю в розчинний стан. [2].

За даними літературних джерел найменш низький рівень автоматизації керування є при підготовці сировини. Тому автоматизація керування ним дозволить створити передумови для зниження споживання тепла і сировини, оптимізації і активізації процесів біотехнологічних процесів.

Системи автоматичного керування, які використовуються на даній ділянці направлені на вирішення окремих технологічних показників: вимірювання витрати сировини, концентрації замісу, регулювання подачі води, а також контроль та регулювання концентрації сировини. Проведені дослідження стадії приготування замісу дозволили встановити, що в жодній із систем керування не передбачено контролю за в'язкістю замісу. Відсутність контролю та регулювання даного параметру не дозволяє використати підвищені теплові режими обробки замісу, які забезпечили б ефективно проведення наступної операції термоферментативної обробки сусла, а також створює перешкоди при виконанні наступних операцій і транспортування замісу на наступні операції [1].

У зв'язку нами була розроблена система автоматичного керування, яка враховує особливості сировини, температурні режими, витрати основних компонентів замісу при регулювання вихідних двох основних параметрів замісу – його концентрації та в'язкості (рис.1).

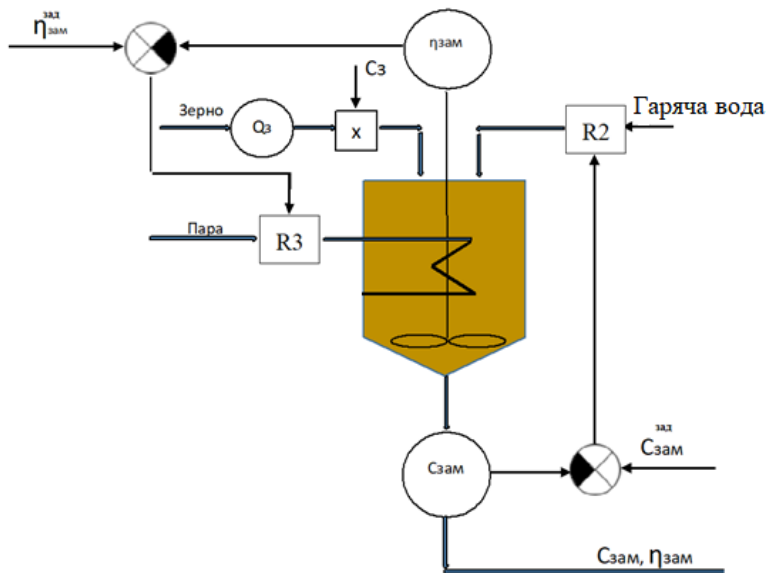


Рисунок 1 – САК приготуванням замісу

В системі керування передбачено додатковий контур, який забезпечить вимірювання і регулювання в'язкості замісу. Для цього в контурі розміщено датчик вимірювання в'язкості замісу, вихід якого зв'язаний з елементом порівняння в'язкості замісу із заданим, а вихід елементу порівняння пов'язаний з регулюючим елементом пристрою подачі нагріваючої пари. Це забезпечує зменшення витрати сировини, покращення якості вихідного продукту і суттєве підвищення ефективності виробництва.

Список використаних джерел:

1. Яровенко, В.Л. Технология спирта / В.Л. Яровенко, В.А. Маринченко, В.А. Смирнов, Б.А. Устинников [и др.]. – М.: Колос-пресс, 2002. – С. 78.
2. Способ автоматического управления процессом приготовления замеса при производстве этилового спирта из зерно-картофельного сырья: пат. № 415291 СРСР: опубл. 15.11.1974, Бюл. № 6. 2с.

SMART FARM – ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МОЛОЧНОЮ ФЕРМОЮ

Аналіз досліджень у галузі молочного скотарства показує, що в даний час кардинальним напрямком є створення нових та вдосконалення існуючих технологій та технічних засобів контролю та управління виробничими процесами на молочних фермах та комплексах [1].

Актуальність роботи полягає у створенні інтелектуальної системи управління та забезпечення ефективного виробництва молочної продукції, створення «розумної» ферми з використанням автоматизованої роботизованої техніки нового покоління та комп'ютерних програм, що дозволяють підвищити рентабельність виробництва.

Новизна досліджень полягає у розробці алгоритму комп'ютерної програми системи інтелектуального управління молочною фермою, створенні інформаційної системи контролю якості молока та стану тварин для вироблення рекомендацій щодо корекції технологій утримання, годування, доїння та інших технологічних процесів, а також застосування комп'ютерної програми для визначення техніко-економічних показників виробництва.

З розвитком галузі молочного скотарства, створенням нових енергоресурсозберігаючих технологій, сучасних машин та обладнання гостро постає питання про розробку інтелектуальної системи управління виробництвом молочних ферм нового покоління. Механізація та автоматизація виробничих процесів з використанням комп'ютерних програм забезпечує контроль за фізіологічним станом тварин та якістю одержуваної продукції.

Створення розумної ферми з інтелектуальною системою управління технологічними процесами дозволить значно збільшити ефективність виробництва (рис. 1).

При комплексній автоматизації всі підприємства, включаючи підрозділи функціонують як взаємопов'язаний комплекс. Така автоматизація охоплює всі основні виробничі та управлінські функції на підприємстві. При цьому роль людини зводиться до

загального контролю та управління роботою виробничого комплексу.

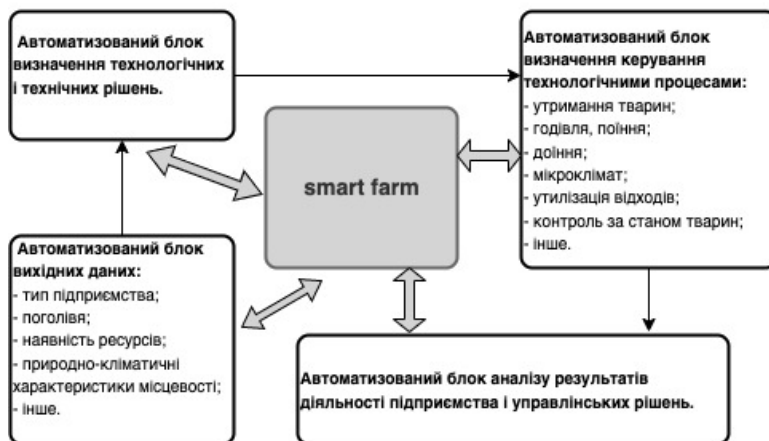


Рисунок 1 – Інтелектуальна система керування розумною фермою

Більшість рішень автоматизації та інформатизації діяльності створюється виходячи з індивідуальних вимог різних підрозділів підприємства та відповідно до їх функцій. Насправді відсутній системний підхід, хоча оптимальна структура управління вимагає високого рівня інформаційних зв'язків, взаємопов'язаної роботи всіх секторів, підпорядкування їх єдиним цілям та завданням. Узгодженість роботи кожного сектора є складною організаційно-правовою формою подальшого розвитку АПК.

Таким чином, найбільш швидким та надійним методом створення нових ферм та комплексів є економіко-математичне моделювання підприємств, що дозволяє отримати основні техніко-економічні показники молочної ферми.

Список використаних джерел:

1. Скоркин В.К. (2018) Технологии и технические средства для модернизации объектов по производству молока и говядины. Вестник ВНИИМЖ. №3. 6–10.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Всі вироби сучасної електротехнічної промисловості виробляються з використанням друкованого монтажу, що має багатшарову структуру, основними елементами якої є електрична основа та провідний рисунок. Відомо, що причина виникнення дефектів друкованих плат на 30-40% полягає у недотриманні технології чи недосконалості їх виробництва.

Зростаючі темпи розвитку промисловості призводять до того, що контроль продукції стає все більш складним і трудомістким [1]. Людина не може якісно, як і раніше, проводити огляд продукції для виявлення наявності дефектів і вад, у зв'язку з планом виробництва, що збільшується, і все більш складною конструкцією деталей. В результаті, актуальним стає застосування автоматизованих систем, які оперативно приймають рішення про наявність недоліків у продукції та можуть підказати оператору як уникнути дефектів у майбутньому. Системи, які акумулюють знання спеціалістів конкретного виробництва, можуть визначати наявність проблем у процесі функціонування підприємства, і, що головне, здійснювати підтримку прийняття рішень оператору щодо усунення причин та мінімізувати її появи в майбутньому, що стають все більш затребуваними.

Процес виготовлення деталей для електротехнічного обладнання, як і багато виробництв, складається з великої кількості етапів. На кожному з етапів відбувається зміна матеріального та документного потоку, необхідних для створення та підтримки виробництва, в яких можна виділити 6 великих груп рис. 1. Найбільш критичним є етап отримання провідного рисунку, оскільки саме на ньому закладається базис для подальшої коректної роботи плати.

Система підтримки прийняття рішень (СППР), що розробляється, є гібридною, має модульну структуру і складається зі стандартних модулів, таких як: експертна система, база знань, підсистема логічного висновку, підсистема придбання знань і

підсистема пояснень, а також включає базу даних.

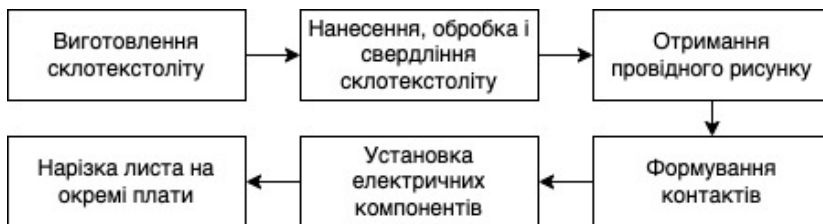


Рисунок 1 – Етапи виробництва деталі для електротехнічного обладнання

У процесі реалізації створюється база даних, в якій міститься інформація про різні дефекти та характеристики технологічного етапу, пов'язаного нанесенням провідного малюнка друкованої плати; причини виникнення кожного. Таким чином, для створення модуля підтримки прийняття рішення щодо визначення причини виникнення дефекту та способів усунення наслідків та запобігання появі нових використовується відповідна експертна система. Експертом із знань є майстер цеху, який має багаторічний досвід роботи у виробництві друкованих плат.

Підсистема логічного висновку дозволяє оператору отримати від СППР прийняте їй рішення та визначити причину та необхідні дії для усунення дефекту.

Пропонована система дозволить підприємству значно зберегти економічні витрати та значно підвищити темпи виробництва, якості продукції та професіоналізму фахівців, що беруть участь у процесі.

Список використаних джерел:

1. Kultsova M., Anikin A., Zhukova I., Dvoryankin A. (2015) Ontology-based learning content management system in programming languages domain. Communications in Computer and Information Science. №6(535). 767–777.

УДК 681.6.064

В. П. Симолюк, канд. техн. наук, доцент
Луцький національний технічний університет

ДО ТЕХНОЛОГІЇ МІКРОСТРУМЕНЕВОГО ДРУКУ

При друкуванні на струменевих принтерах, часто виникають питання пов'язані із взаємозамінністю чорнил, що використовуються в різних принтерах.

Провівши аналіз складу чорнил, технології їх застосування та конструктивних відмінностей механізмів подачі чорнил в зону друку можна стверджувати, що не всі чорнила можуть бути взаємозамінними. Існують декілька методів нанесення чорнила на носії інформації.

1. П'єзоелектричний метод передбачає формування чорнильних цяток на носії за допомогою спеціальних пристроїв. Електричне поле безпосередньо впливає на п'єзоелемент, який розтискає трубку для наповнення капілярної системи. Перевага даного методу полягає в гнучкому керуванні габаритами краплі, завдяки чому вдається отримувати зображення з високою роздільною здатністю.

2. Метод газових бульбашок передбачає наявність нагрівальних елементів у соплах. Через них пропускається електричний струм. У процесі нагрівання утворюються газові бульбашки, які виштовхують через отвори потрібну порцію рідкого чорнила..

3. Термоструменевий метод теж передбачає використання нагрівального елемента. Однак разом з ним застосовується спеціальний механізм, що дозволяє забезпечувати більш швидкісне впорскування чорнила.

Водне чорнило містить розчинний барвник і певні добавки, що дозволяють коригувати в'язкість. Пігментне чорнило відрізняється стійкістю до ультрафіолету та вологого середовища.

Список використаних джерел:

1. <http://um.co.ua/8/8-9/8-99349.html>

УДК 681.51:62-526

В. Г. Сорокун, студ.

Ф. Д. Матіко, докт. техн. наук, професор

Національний університет «Львівська політехніка»

РОЗРОБЛЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОХОЛОДЖЕННЯ ОЛІЇ НА ПП «ОЛІЯР»

Процес рафінації олії є одним з невід'ємних складових промислового виробництва харчових продуктів. Технологія рафінування поєднує в собі декілька фізико-хімічних процесів, які тісно пов'язані між собою. Одним з таких процесів є охолодження олії під час її виморожування та дезодорації [1]. Під час цього процесу у якості холодоагента застосовують воду, яку транспортують за допомогою водопостачальної системи з градирень. Водооборотна система подачі холодоагенту з градирень є замкнутою, тобто після здійснення охолодження олії холодоагент повертається до градирень.

Відповідно до технічного завдання, сформованого підприємством «Оліяр» (м. Львів), виконано аналіз процесу охолодження олії як об'єкта керування та розроблено функціональну схему автоматизації (ФСА) цього процесу. Запропоновано сформувати систему керування названого процесу з таких основних контурів: регулювання температури вихідної води в холодильних машинах, в яких безпосередньо здійснюється охолодження продукту, а також регулювання продуктивності насосної станції для подачі холодоагенту з градирень в холодильні машини та здійснення контролю рівня охолодженої води в басейні градирні.

Для реалізації розробленої ФСА обрано програмований логічний контролер компанії Siemens серії S7-1500. Відповідно, алгоритмізацію задач керування та розроблення програми функціонування контролера здійснено в програмному середовищі TIA Portal v17 цього ж виробника. Архітектура програми розроблена із застосуванням нових сформованих авторами функціональних блоків, які призначені для керування конкретними елементами системи охолодження олії (помпами, клапанами, ПІД-регулятори, тощо). На основі програми функціонування контролера та відповідно до технічних вимог спроектовано та розроблено супервізорний рівень системи

керування технологічним процесом. Для розроблення супервізорного рівня керування (рівня SCADA) застосовано програмний пакет WinCC Explorer V7.5 компанії Siemens. Для відображення станів та режимів роботи елементів системи керування процесом охолодження олії використано стандартні інструменти середовища для розроблення дизайну WinCC Explorer V7.5. Однак для контролю стану та керування технологічними елементами процесу з системи візуалізації окремо для кожного такого елемента нами розроблено функціонал взаємодії з ним. Також створено алгоритми для архівування аварійних повідомлень та створення звітності про продуктивність системи охолодження.

Авторами виконано імітаційне моделювання основних контурів регулювання для визначення оптимальних параметрів налагодження регуляторів. Зокрема, виконано моделювання системи регулювання температури вихідної води холодильної машини за допомогою програмних інструментів TIA Portal v17. Авторами реалізовано за допомогою програмних функцій математичну модель у вигляді функції передачі об'єкта регулювання, що дало можливість створити імітаційну модель системи регулювання температури з ПІД-регулятором. Застосувавши адаптивну процедуру пошуку параметрів регулятора, наявну в PID-Tuner, отримано оптимальні параметри налаштування ПІД-регулятора для названого контуру. Отримані результати розроблення системи керування та результати досліджень контурів регулювання дають змогу впровадити систему керування процесом охолодження олії під час її рафінування на підприємстві ПП «Оліяр» чи інших підприємствах з подібною технологічною схемою виробництва олії.

Список використаних джерел:

1. Ромашко І.С., Паска М.З., та ін. Технохімічний контроль виробництва / Навчально-методичний посібник. – Львів. – 2016. – 98 с.

УДК 625.238:669.153: 627.912

І. І. Тополов, доцент**Є. А. Борисенко**, канд. техн. наук, доцент**О. О. Порхало**, магістрант*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"*

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОВІДНИХ МОДЕЛЕЙ ГЕНЕРАТОРІВ ВОДНЕВОЇ ВОДИ З ДОСЛІДНИМ ВЗІРЦЕМ

Стаття є продовженням теми побудови бюджетної установки генератора водневої води опублікованій авторами в [1].

Авторами зроблено аналіз технічних характеристик установок сатурації води воднем, серед існуючих моделей вітчизняних і зарубіжних виробників. Перспективними вважаються установки генерації водневої води на основі протонообмінної мембрани з платиновим покриттям, яке дає високе насичення води чистим воднем без побічних продуктів електролізу, (технологія SPE/PEM фірма Du Pont), лідерами країн зарубіжжя вважаються Японія, США, Південна Корея, Китай. Кошторис виробів коливається від 200 до 7 000 Євро.

Порівнюємо характеристики високотехнологічних генераторів водневої води з нашим дослідним взірцем (ДВ), див. Табл. 1. Для порівняння оберемо три взірця що серійно випускаються на чинний момент, два з яких мобільні НЕВЕ EGP 1000 Glass (Korea), Vader (Japan), та стаціонарний глечик Wellness (China збірка, комплектація Korea). [2,3,4]

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики генераторів H₂ води

Параметр	Найменування взірця				
	НЕВЕ	Vader	Wellness	ДВ	Прим.
Конц. H ₂ (ppm)	1,6-2,3	1,0-2,0	0,9-1,3	1,0-2,0	
ОВП (mV)	-350÷-550	-500	-350	-350	
Об'єм (л)	0,35	0,35	2,2	2,5/4,5	+ А/К
Збер. Конц. H ₂	60÷120 хв	30÷60 хв.	30хв.	30÷60 хв.	
Час генер(хв.)	5, 8	3	8, 13	20÷25	-
Джер. Живл	Li-Po	Li-Po	AC	AC	
	3,7V 1,2A	3,7V 4,0A	110÷240V	110÷240V	
Потужн. Вт	5	10	24	70/600	-

Судячи з порівняльної таблиці, ДВ ніскільки не відстає від своїх аналогів, параметри концентрації водню, ОВП, зберігання концентрації H_2 держаться на одному рівні. Але з порцеляною мембраною, коли температура підвищується на 30 градусів, цей параметр зменшується. Також завищений показник терміну генерації H_2 води, але тут можна виправдатися чималими розмірами електролізної ванни. Параметр споживаної потужності значно завищений, винна сантиметрова порцелянова мембрана. Також за термін генерації водневої води, на її поверхні утворюється накип, який приходиться збирати, чи підготовлювати воду до електролізу. З позитивних моментів можна відмітити те, що не один з генераторів водневої води не видає аноліт, який часто потрібен як загоюючий компонент чи якщо вам просто потрібна кислотна рідина. Ми зовсім не зменшуємо переваг нанотехнологічних пристроїв і будемо намагатись вирішити ці проблеми.

Список використаних джерел:

1. Тополов І. І. Розробка установки сатурації води воднем / І. І. Тополов, Є. А. Борисенко, О. О. Порхало // Information technologies: science, engineering, technology, education, health: тези доп. 29-ї МНПК MicroCAD–2021: у 5 ч. Ч. 1 / ред. Є. І. Сокол. – Харків : Планета-Прінт, 2021. – С. 331.
2. Водневий генератор НЕВЕ EGP-1000 Корея (Glass) // <https://h2voda.com/shop/vodorodnyy-generator-hebe-vody-egp-1000-koreya-glass/>, 14.05.22.
3. Генератор водневої води Buder Японія // <https://h2voda.com/shop/luchshij-portativnyj-generator-vodorodnoj-vody-iz-yaponii-buder/>, 14.05.22.
4. Генератор водневої води Глечик H_2 Wellness // <https://h2voda.com/shop/h2wellness-kuvshin-generator-vodorodnoj-vody/>, 14.05.22.

УДК 625.238:669.153: 627.912

І. І. Тополов, доцент**Є. А. Борисенко**, канд. техн. наук, доцент**О. О. Порхало**, магістрант*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"***РОЗРОБКА БЮДЖЕТНОГО ГЕНЕРАТОРА ВОДНЕВОЇ ВОДИ**

Стаття є продовженням теми побудови бюджетної установки генератора водневої води опублікованій авторами в [1].

Для зменшення собівартості генератора ми замінили дорогу мембрану спочатку на багат шарову тканинну, а потім на порцелянову (див. Рис. 1), а платиновий електрод на електрод ОРТА (Окисно Рутенієвий Титановий Анод).



а)



б)

Рисунок 1 – Експериментальна установка з тканинною, а та порцеляною, б мембраною.

Було розроблено дослідного взірця генератора (див. Рис 2). В ході експерименту ми з'ясували: для установки, ємністю по катоду 4,5 л., по аноду 2,5 л., рівень рН водневої води залежить від сили струму I_e , напруги U_e , температури T_e , хімічного складу самої води та часу t_e електролізу. Сила струму має бути $3A < I_e < 6A$ (інакше процес електролізу протікатиме дуже повільно або відбудеться руйнування захисного покриття аноду), температура підвищується на 30°C для установки з порцеляною мембраною. Необхідна напруга на електродах 18 – 25 В для тканинної мембрани та 150 – 250 В для порцелянової мембрани. Час електролізу (до необхідного рівня водневого коефіцієнту $\text{pH} \approx 10$) 20-25 хвилин.

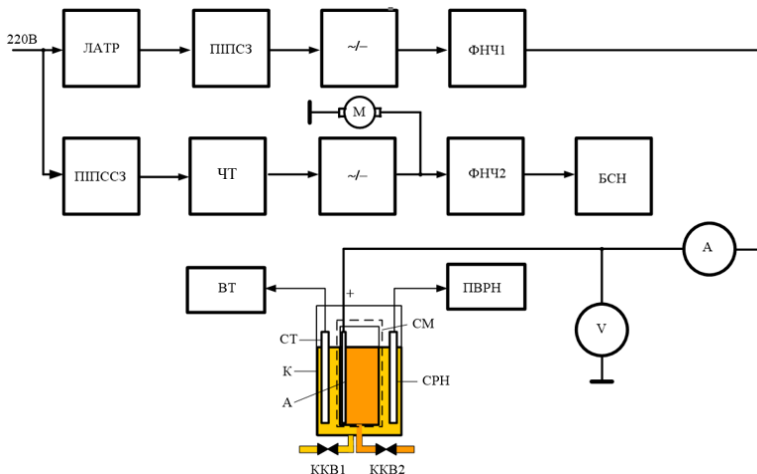


Рисунок 2 – Структурна схема установки сатурації води воднем.
 Функціональні блоки схеми: ППСЗ, ППССЗ – Пристрої індикації перегорання силового та слабострумowego запобіжників, відповідно; ЛАТР – Лабораторний трансформатор; ФНЧ1, ФНЧ2 – Фільтри нижніх частот 1 та 2 відповідно; ЧТ - Чергуючий трансформатор; БС – Блок стабілізаторів напруги; М – Вентилятор охолодження; СТ – Сенсор температури; А – Анод; К – Катод; СМ – Сепаруюча мембрана; Срh – Сенсор рh; КЛВ – Клапан лужної води; ККВ – Клапан кислотної води; ПВрh – Пристрій вимірювання рh

Отримані результати дозволяють провести подальшу розробку автоматизованої установки з інтелектуальним вибором режимів роботи в залежності від потрібних параметрів води та якості вхідної сировини.

Список використаних джерел:

1. Тополов І. І. Розробка установки сатурації води воднем / І. І. Тополов, Є. А. Борисенко, О. О. Порхало // Information technologies: science, engineering, technology, education, health : тези доп. 29-ї МНПК MicroCAD–2021: у 5 ч. Ч. 1 / ред. Є. І. Сокол. – Харків : Планета-Прінт, 2021. – С. 331.

УДК 621.9

А. В. Фесенко, канд. техн. наук, професор

Ф. М. Евсюкова, доцент

С. Є. Сліпченко, наук. співроб.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВРІЗНИМ ШЛІФУВАННЯМ

Використання систем автоматизації в механічному виробництві дозволяє значно підвищити продуктивність обробки при отриманні заданої якості поверхонь. Особливе місце займають системи адаптивного керування робочими процесами на фінішних операціях при остаточному формуванні поверхні деталі [1].

Розглянуті питання автоматизації процесу круглого зовнішнього врізного шліфування. Запропоновано систему адаптивного керування, що забезпечує збір інформації із зони різання, її обробку в ЕОМ верстата і корегування виконавчих рухів. Для підвищення ефективності круглого зовнішнього шліфування використовуються системи адаптивного програмного керування. Це дозволяє автоматично визначати стан процесу шліфування, корегування параметрів обробки і виконувати діагностику систем верстата. Така система була встановлена на круглошліфувальному верстаті моделі 3М152ВФ20. На рисунку 1 показана схема керування процесом шліфування і розташування основних елементів, які забезпечують можливість роботи в адаптивному режимі.

Розрахунки режимів шліфування і режимів правки круга виконуються за допомогою програми «KRUG», розробленою на кафедрі технології машинобудування та металорізальних верстатів НТУ ХП [2].

При шліфуванні отримують інформацію про стан систем верстата та визначаються фактичні величини коефіцієнта ріжучої здатності, жорсткості та сил різання (рис.1). При наступних обробках також виконуються порівняння характеристик за коефіцієнтом ріжучої здатності і за рівнем коливань. При відхиленні параметрів від граничних виконується правка круга.



Рисунок 1 – Схема керування процесом шліфування

Розроблена система адаптивного керування круглошліфувальним верстатом дозволяє в автоматичному режимі задати параметри обробки, а після отримання даних із зони різання виконати корегування параметрів обробки, забезпечуючи задану якість поверхні деталі при оптимальній продуктивності.

Список використаних джерел:

1. Жовтобрюх В. А. Проектирование и автоматизированное программирование современных технологий для станков с ЧПУ: монография /В. А. Жовтобрюх, Ф. В. Новиков – Днепр: ЛИРА, 2019. – 480с.
2. Методические рекомендации по выбору абразивного инструмента и расчета режимов резания круглого наружного шлифования. Харьков, ОЭИ ОКБШС, 1982.

УДК 629

С. О. Чурсов

Херсонський національний технічний університет

ОЦІНКА МЕХАНО-ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРДУ ТА РЕЗИНОКОРДНОЇ КОНСТРУКЦІЇ В ЕЛЕМЕНТАХ ПНЕВМАТИЧНИХ ШИН ЯК КОМПЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ

Пневматична шина являє собою пакет кордних шарів, розділених резиновими прошарками (іноді один шар корду), захищених покривними резиновими шарами. Таку систему називають резинокордною конструкцією [1].

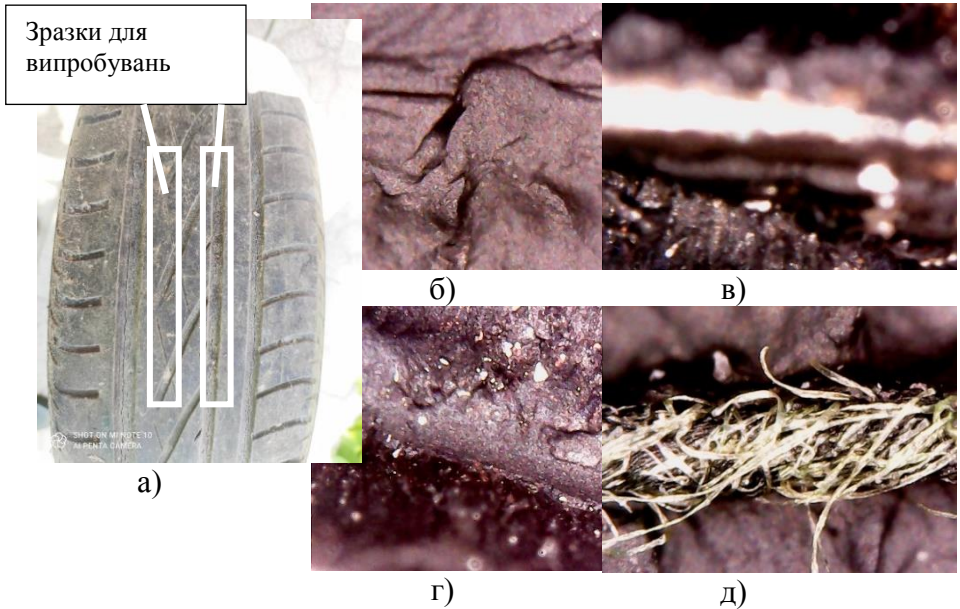


Рисунок 1 – Зразки для випробувань: а)-місця вирізання зразків у пневматичній шині б), в), г), д)-фрактограми місць розшарування «резина», «металеві волокна», «резина-металеві волокна», «резина-тканина» відповідно

Будова гумокордних конструкцій є досить різноманітною.

В одній конструкції можуть об'єднуватися шари корду з різних матеріалів.

Резинокордна конструкція є композиційним матеріалом (композитом), що поєднує жорсткий і міцний, регулярно розташований матеріал з однорідною основою (матрицею).

Загальний вигляд поверхні після розшарування наведено на рис.2.

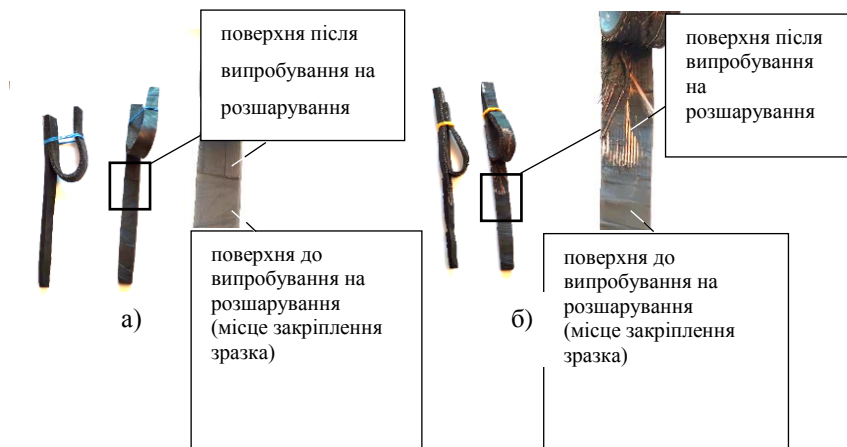


Рисунок 2 – Розшарування зразків і поверхня руйнування на межі «резина-волокна металевого корду» (а), поміж волокон корду (б)

Резинокордна конструкція є композиційним матеріалом (композитом), що поєднує жорсткий і міцний, регулярно розташований матеріал з однорідною основою (матрицею).

Всі композиційні матеріали, і гумокордна конструкція у тому числі, мають своєрідні механо-фізичні властивості, які не можуть бути досягнуті в однорідних матеріалах [2-5].

Список використаних джерел:

1. Ларин А.Н. Колесные узлы современных автомобилей / А.Н. Ларин, Е.Е. Черток, А.Н. Юрченко. – Х.: С.А.М., 2004. – 260 с.
2. Портной К.И., Салибеков С.Е., Светлов И.Л., Чубаров В.М. Структура и свойства композиционных материалов М.: Машиностроение, 1979. - 255 с.
3. Чурсов С.О. Застосування багатокординатних механізмів в якості випробувальних стендів шин автотранспорту /Чурсов С.О., Дмитрієв Д.О. Войтович О.А. Баль О.Д. //Комплексне

забезпечення якості технологічних процесів та систем: VIII Міжнародна науково-практична конференція. – ЧНТУ:Чернігів. – 2018.- С.147-149

4. Чурсов С.О. Стендові методи випробування шин автотранспорту / Дмитрієв Д.О., Войтович О.А., Русанов С.А //Вісник Херсонського національного технічного університету. № 2(69) (2019) С.39-47

5. Чурсов С.О. Прогнозування залишкового ресурсу матеріалів пневматичних шин від накопичення і виду експлуатаційних пошкоджень. / Дмитрієв Д.О., Панасенко В.М., Русанов С.А //Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої Дню космонавтики. ХНТУ:Херсон. – 2021.- С.94-95

**Секція 4. МЕТРОЛОГІЧНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
СИСТЕМ**

**Section 4. METROLOGICAL SUPPORT OF
TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

УДК 620.179.14

B. M. Gorkunov, doctor of technical sciences, professor**Y. A. Borysenko**, candidate of technical sciences, docent**I. I. Topolov**, docent**N. M. Pavlova**, PhD student*National technical university "Kharkiv polytechnic institute"*

ASSESSING THE UNCERTAINTY OF NUMERICAL RESULTS IN COMPUTER SIMULATION

Utilisation of specialised applications for physical and mathematical simulation while studying the processes of electromagnetic NDT is justified, when it is difficult to describe them using conventional mathematical apparatus of electrodynamics. The interaction between measuring eddy-current transducer with spatially-periodic field structure and a cylindrical metal sample is such a case (fig. 1a) [1]. The authors used COMSOL Multiphysics as a software. In particular it provides broad possibilities for the simulation of electromagnetic fields using finite element method.

To compare the results of modelling in a virtual environment and on a research facility, it is necessary, among other things, to quantify the uncertainty. Uncertainty of numerical simulation results is defined by the following factors: the chosen simulation strategy, the size of the finite element mesh, the error of machine computing.

Fig. 1b below shows 2d model, which imitates, an interaction between wire 1 with excitation current J , and metal sample 2. This is a cross section of a three-dimensional model of a measuring transducer with a spatially-periodic structure of the field 1a.

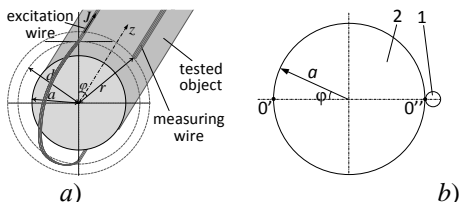


Figure 1 – Transducer with spatially-periodic field structure and cylindrical metal sample under study a) and its 2d model b)

The study observes a distribution of the magnetic field strength amplitude H_m , and field components H_x , H_y (fig. 2). The size of the

finite element mesh was standard with software-controlled setting of its parameters. Horizontal axis has arc length for the surface of the sample 2, starting from the point 0' clockwise. Model parameters are: $a = 25$ mm, exciting wire carries current of 1A at a frequency 1 kHz.

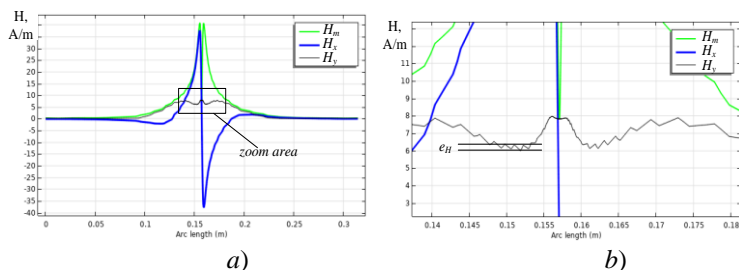


Figure 2 – Distribution of the magnetic field strength amplitude H_m , and field components H_x , H_y : full view *a)* and zoomed area *b)*

The uncertainty of the magnetic field strength distribution of the considered model can be estimated by the amplitude of noise-like fluctuations seen in fig. 2*b*, this value can be assessed like $e_H = 0.4$ A/m. It should be noted that the value of e_H in addition to the size of the finite element mesh also depends on the magnetic permeability of the sample 2 and the method of representing the electromagnetic interaction (B–H curve, magnetic losses, constant magnetic permeability). It was estimated, that the reduction of the mesh elements up to 0,05 mm decreases e_{Hie} to the $e_{Hie} = 0,001$ A/m. Besides that, error of the machine computation for this study is $e_{Heps} = 2,2 \cdot 10^{-16}$ A/m. As long as $e_{Heps} \ll e_{Hie}$ we can assess uncertainty using only the value of the latter. Since e_{Hie} defines the bounds of uncertainty, which is of type B, we can assess its standard deviation as $u_H = 0,001/\sqrt{3} = 5.8 \cdot 10^{-4}$ A/m.

References:

1. Gorkunov B. M. Experimental Studies of an Eddy Current Transducer with Spatially Periodic Fields / B. M. Gorkunov, S. H. Lvov, Tamer Shaiban, Ye. A. Borysenko // Metrologia ta priladi. – 2018. – № 4. – P. 45–50.

УДК 006.91+53.08+681.2-5

¹**Oleh Kaidyk**, Assis. Prof., Ph.D. Eng

¹**Taras Terletsnyi**, Assis. Prof., Ph.D. Eng

¹**Vitalii Ptashenchuk**, Assis. Prof., Ph.D. Eng

²**Volodymyr Kononov**, D.Eng. Prof.

¹*Lutsk National Technical University*

²*Kharkiv National Ivan Kozhedub Air Force University*

TO THE PREDICTION OF THE METROLOGICAL SERVICEABILITY OF MEASURING INSTRUMENTS DURING THE VERIFICATION INTERVAL

The prediction of the metrological serviceability of measuring instruments at any interval between verification intervals requires qualitative and accessible information on the change in their metrological characteristics.

As a rule, the information available on the drift pattern of the metrological characteristics of measuring instruments is insufficient, due to the small number and duration of experimental studies and the spontaneity of the factors affecting them.

Taking into account this disadvantage, it is reasonable to study metrological reliability of measuring instruments during their operation, by introducing a subsystem of internal control of temporary changes in metrological characteristics into the composition of measuring instruments. This will make it possible to carry out the necessary number of automatic checks of metrological serviceability of a measuring instrument during its operation during one verification interval [1].

The increasing complexity of the design of measuring instruments, which depends on the structure and incorporation of metrological self-monitoring elements, including the correction of the conversion characteristic, will increase the duration of operation of these instruments without additional maintenance.

Prediction of metrological failure of a measuring instrument on the basis of prediction of its metrological characteristic change allows to predict the calendar period of metrological failure, at the moment when the current value of their metrological characteristics will reach the limits of permissible value of standardised metrological characteristic [2]. Implementation of such approach has a number of disadvantages:

- estimation of the error rate over time is associated with a high cost of the verification procedure;

- the limited sample size and large variation of error values create difficulties in determining a suitable value for error rate prediction;
- the algorithm for predicting metrological failure describes the nature of ageing of measuring instruments approximately, but does not take into account their operating conditions.

These disadvantages can be eliminated by using the results of the metrological characteristics determination (recorded during the operation of the measuring instrument) or the results of the measurement (obtained during the verification of the measuring instrument).

Registration of the results of the set of actions performed during adjustment or periodic verification of metrological characteristics allows measuring instruments, which have the property of metrological self-control, to predict the change in the uncertainty characteristics over time. Correct prediction of measurement instrument error characteristics change is based on methodological support of calibration and verification procedures, which will allow predicting the probability of metrological failure occurrence.

List of references:

1. Kichun V., Lavrin Ya., Kaidyk O. Terletskyi T., Ptashenchuk V. Pro metody vyznachennia mizhpovirochnoho intervalu zasobiv vymiriuvanoi tekhniki. *Aktualni zadachi suchasnykh tekhnolohii* : zb. tez dopovidei. (m. Ternopil, 25-26 zhovtnia 2020 r). Ternopil : TNTU, 2020. T. 1. S. 71-72.
2. Lavrin Ya., Hunko S., Kaidyk O. Do pytannia prohnozuvannia metrolohichnoi vidmovy zasobiv vymiriuvannia iz vrakhuvanniam zapasu yikh metrolohichnoi nadiinosti. *Informatsiini tekhnolohii v osviti, tekhnitsi ta promyslovosti* : materialy konferentsii (m. Ivano-Frankivsk, 8 zhovtnia 2020 r.). Ivano-Frankivsk : IFNTUNH, 2020. S. 121-122.

УДК. 621.771

А. К. Автухов, докт. техн. наук, доцент
Державний біотехнологічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ РОЗМІРІВ І ФОРМИ ПОВЕРХНІ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В основі дослідження зносу основних формуючих інструментів – прокатних валків, що використовуються на прокатних станах, лежить визначення початкових геометричних параметрів досліджуваних поверхонь і зміна їх у процесі експлуатації. Для визначення геометричних розмірів під час виготовлення і величини зносу формуючих інструментів і при експлуатації використовуються різні види обладнання, виготовлення і застосування яких не завжди економічно виправдано [1].

Згідно з даними літературних джерел, знос формуючих інструментів залежить від багатьох чинників: якості матеріалу з якого вони виготовлені, а також властивостей виробленого металу [2,3].

Відповідно до технічних вимог контроль геометричних розмірів формуючих інструментів виконується обмірними інструментами по ГОСТ 7502, ГОСТ 427, ГОСТ 166. [4,5].

Слід зазначити, що на окремих підприємствах, що виготовляють формуючі інструменти використовується більш сучасне обладнання. Наприклад на вальцешліфувальних верстатах «HERKULES» застосовується обладнання виробництва HCC/KPM Electronics GmbH, Німеччина [6].

Принцип дії цього пристрою для вимірювань геометричних параметрів формуючих інструментів (далі – пристрій) заснований на контактному методі вимірювань. Конструкція являє собою скобу, на кінцях якої розташовані вимірювальні елементи, що контактують з поверхнею валка. При виконанні контрольних операцій реалізується двоточкова схема вимірювання лінійних розмірів.

Дане обладнання дає можливість визначити геометричні розміри прокатних валків при їх виробництві і при перешліфовках. Однак слід зазначити, що використовувати його для визначення величини зносу робочої поверхні прокатних валків під час їх експлуатації не надається можливим.

Для визначення зносу деталей зазвичай використовується метод

штучних баз ГОСТ 27860-88, ГОСТ 23.301-78. Вимір величини зношування методом штучних баз полягає у визначенні шляхом обчислення відстані від поверхні тертя до дна поглиблення, штучно зробленого на цій поверхні, що не порушує службових властивостей деталі, та має глибину більшу, ніж очікувана величина лінійного зношування. Визначивши відстань від поверхні до дна поглиблення (що служить штучною базою) до й після випробувань, по різниці глибини визначають зношування. Метод штучних баз залежно від способу нанесення поглиблень підрозділяються на метод відбитків; метод висвердлених поглиблень; метод вирізаних лунок.

Для визначення зміни розміру формуючих інструментів доцільно використовувати метод відбитків. Існуючий метод відбитків, що використовується полягає в наступному. На випробуваній поверхні яким-небудь індентором робиться відбиток відомої форми. Матеріалом індентора переважно є алмаз, але може бути й твердий сплав і навіть загартована сталь.

Для досліджень застосовуються алмазні індентори у вигляді піраміди із квадратною підставою й кутом при вершині між протилежними гранями 136° . По довжині діагоналі відбитка на випробуваній поверхні шляхом обчислень неважко визначити відстань від поверхні до дна відбитка.

Відбитки можуть наноситися за допомогою приладу для випробування на твердість по Віккерсу, на приладах ПМТ-2 і ПМТ-3 для випробувань на мікротвердість, а також за допомогою спеціальних приладів. Звичайно розмір діагоналі відбитка не перевищує 1мм.

На точність визначення величини діагоналі значно впливає спучування металу навколо відбитка при вдавненні піраміди. У зв'язку із цим перед першим виміром діагоналі відбитка спучування зішліфовується або віддаляється попереднім прироблянням, досліджуваної поверхні. Крім того, застосування методу відбитків утруднене й у тих випадках, коли зношування супроводжується пластичним деформуванням поверхневого шару. При цьому краю відбитка запливають і втрачають виразну форму.

Оптимальним способом для визначення величини зносу прокатних валків під час експлуатації є спосіб, який полягає в тому, що на поверхні виробу наносяться штучні бази у вигляді конусних заглиблень.

Надалі зі зміни глибини штучної бази, яке визначають за

допомогою розрахунків по відбитку її дна до початку експлуатації і після певного періоду експлуатації, визначають величину зносу.

Методика визначення глибини штучної бази полягає в наступному: після утворення заглиблених на досліджуваній поверхні, поруч з відбитком штучної бази розміщують контрольний розмірний елемент у вигляді каліброваної смуги. Фотоапаратом (бажано використовувати фотоапарат з максимальним розширенням) робиться знімок поглиблення разом з контрольним елементом. Після певного періоду експлуатації повторно роблять знімок штучної бази. Також, як і в початковому випадку поруч з поглибленням розміщати контрольний розмірний елемент.

Отримані знімки в bmp або jpg форматі вводяться в будь-яку з програм для розробки креслярської документації, яка використовує векторну графіку, наприклад: Autocad, Inventor, Solid Works, Компас тощо. На знімках з високим ступенем збільшення проставляються розміри діаметра дна конуса заглиблення і характерного розміру контрольного елемента. Природно, розміри, визначені програмою, не будуть відповідати реальності. Але в даному випадку дослідників цікавить не абсолютне значення розмірів, які визначить програма, а співвідношення діаметра дна конуса заглиблення і розміру контрольного елемента. Знаючи точний розмір контрольного елемента, можна за допомогою пропорції визначити діаметр дна конуса заглиблення.

Використання даного способу дозволяє з точністю 0,01 мм визначити зміну розмірів і форми робочої поверхні формуючого інструменту при експлуатації.

Список використаних джерел:

1. Автухов А.К., Тимчук С.О., Кур'янов О.С. Узагальнення способів визначення геометричних розмірів прокатних валків і величини їх зносу при експлуатації. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів* № 23, 2021 р. С. 18-24
2. Виробництво і застосування прокатних валків: довідник / Т. С. Скобло та ін. Ред. Т. С. Скобло. Харків, 2013. ЦД № 1. 572 с.
3. Скобло Т. С., Автухов А. К., Соколов Р. Г. Аналіз експлуатаційної стійкості двошарових чавунних валків. *Сталь*. 2015. №2. С. 34-37.
4. ОСТ 24.013.20-90. Видання. Валки сталеві ковані для

холодної прокатки металів. Технічні умови. [Діє з 01.01.1991 Изд. офіц. НПОтяжмаш. 1990. 20с.

5. ТУУ 27.1-26524137-1291-2007. Видання. Валки чавунні для гарячої прокатки металу. [Чинний від.01.02.2007. Вид. Офіц. Харків. 2007. 29 с.].

6.all-pribors.ru> opisanie.

УДК 631.22.

В. І. Банга, канд. техн. наук, доцент

Львівський національний університет природокористування

О. Л. Кайдик, канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет

СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ МАСИ ПОТОКУ КОМБІКОРМІВ

Питання визначення нерівномірності дозування дозуючих механізмів в процесі їх роботи є актуальним, так як дозатори повинні забезпечувати відповідну рівномірність і точність норми видачі [1, 2]. Це вимагає наявності відповідного обладнання. Без розробки та використання сучасних комп'ютеризованих методів вимірювання і обліку потоків мас в динамічному режимі неможливо забезпечити належний рівень точності та швидкодію знімання інформації. Тому розробка і дослідження вимірювача маси потоку сипких кормів є актуальною.

Реалізація вимірювача маси потоку комбікормів на сучасній елементній базі повинно забезпечити високу точність вимірювання з низькою постійною часу вимірювання. Для реалізації такого вимірювача необхідно дослідити залежність зміни вихідного параметру від силових характеристик, що діють на вимірювальний елемент, обґрунтувати конструктивні параметри системи.

Для вимірювання маси потоку комбікормів існує ряд методів: ваговий із використанням ковшових та стрічкових автоматичних ваг; силовий, тахометричний, флуктуаційний, іонізаційний, кореляційний, оптичний, точковий. Кожен із методів має свої переваги та недоліки і може використовуватися в окремих випадках та при відповідних умовах, крім того, не завжди забезпечується оптимально допустима точність вимірювання. Найбільш оптимальним є ваговий метод, де точність вимірювання досягає 1,5 – 2,0 % [3-5]. Тому за основу прийнято даний метод і запропоновано динамічно-ваговий спосіб вимірювання маси потоку комбікормів.

Для дослідження нерівномірності видачі індивідуальним дозатором використовували вимірювач маси потоку комбікормів, схема системи вимірювання і загальний вигляд вимірювача показані на рис. 1, 2 [6,7].

В основу винаходу поставлена задача створення такого вимірювача маси потоку комбікорму, в якому нове виконання

вимірювального елемента дозволить спростити конструкцію вимірювача, зменшити металомісткість та підвищити точність вимірювання.

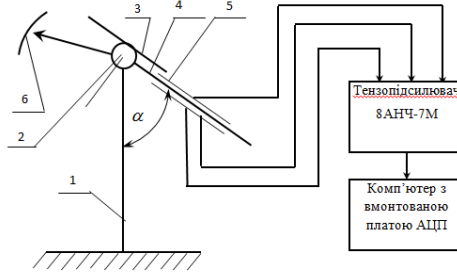


Рисунок 1 – Схема системи вимірювання маси потоку комбікормів:
1 – опора; 2 – поздовжня балка; 3 – компенсатор динамічних зусиль; 4 – тензовимірювальна площина; 5 – тензодавачі; 6 – механізм зміни кута нахилу тензовимірювальної площини.

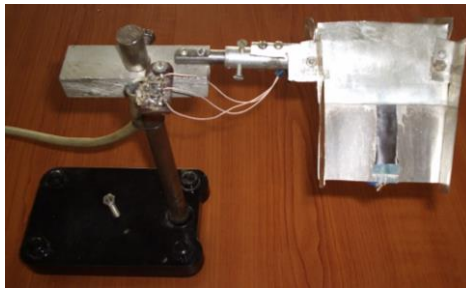


Рисунок 2 – Загальний вигляд вимірювача маси потоку комбікорму

Дослідження проводили таким чином. Потік сипкого комбікорму подавався на площинний компенсатор динамічних зусиль 3 де поглиналась кінетична енергія частинок сипкого корму. З площинного компенсатора 3, корм під дією сили тяжіння зсувався по тензовимірювальній площині 4. При проходженні частинок корму через тензовимірювальну площину 4 під дією сили тяжіння площина прогиналася. Прогин фіксувався тензодавачами 5, рівномірний зсув частинок корму по тензовимірювальній площині 4 залежно від фізико-механічних характеристик комбікорму забезпечувався зміною кута нахилу α вимірювальної площини 4 та компенсатора динамічних зусиль 3. Сигнал, який надходив від вимірювальної площини 4, як це показано на рис. 1, підсилювався тензопідсилювачем 8АНЧ-7М. Результуючі сигнали

сприймав блок аналогово-цифрового перетворення L-154, який встановлений в ПЕОМ.

Запис реалізації випадкового процесу маси потоку комбікорму відображався на моніторі ПЕОМ. Інформація в цифровому вигляді записувалася у файл досліджень, а за необхідності виводилася на принтер.

Основними перевагами запропонованої методики порівняно з існуючими є обробка результатів досліджень і відображення на моніторі ПЕОМ або створення твердих копій реалізацій випадкового процесу у вольтах (В). Завдяки високій швидкодії застосовуваного аналогово-цифрового перетворювача у випадку необхідності можна забезпечити таку дискретизацію неперервного випадкового процесу, що дозволяє одержати до 100 значень і більше за секунду і, як наслідок, високу інформативність досліджень.

Список використаних джерел:

1. Банга В. І., Дмитрів В. Т., Сиротюк В. М., Городняк Р. В. Автоматизований роздавач-дозатор комбікормів для індивідуальної нормованої годівлі корів: монографія. Львів: Сполом, 2018. 233 с.

2. Степук Л.Я. Механізація дозирования в кормоприготовленні. Минск: Ураджай, 1986. 152 с.

3. Кукта Г.М. Машины и оборудования для приготовления кормов. М.: Агропромиздат, 1987. 150 с.

4. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений : учебник для вузов. 3-е изд., стер. Издательский центр «Академия», 2006. 336 с.

5. Дивин А.Г., Пономарев С.В., Мозгова Г.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля : учебное пособие. В 5 ч. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. Ч. 2. 108 с

6. Пат. 48479А Україна, МКИ G01F1/76. Вимірювач маси потоку сипучих матеріалів. № 2001096131; заявл. 05.09.2001; опубл. 15.08.2002, Бюл. № 8. 4 с.

7. Дмитрів В.Т., Банга В.І., Сиротюк В.М. Вимірювач потоку сипких матеріалів. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок ЛНАУ/* За заг. ред. В.В. Снітинського, В.І. Лопушняка. Вип. 11. Львів, 2011. С. 14.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ДАВАЧ КРУТНОГО МОМЕНТУ ПРИВОДУ ОБЕРТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Основною вимогою, що ставляться до давачів крутного моменту приводу обертових елементів є підвищення точності вимірювання. Це вимагає наявності технологічного обладнання, яке б забезпечило належну точність вимірювання та швидкодію знімання інформації в динамічному режимі. Тому розробка та дослідження давача крутного моменту є актуальним.

Проведений нами аналіз літературних джерел [1-4] дозволяє зробити висновок, що відомі давачі крутних моментів мають низку недоліків, а саме: низку точність вимірювання, складність виготовлення при запіканні датчиків та складність конструкції.

Розроблено давач крутного моменту, який захищений патентом України на винахід та дозволить з допомогою ПЕОМ вимірювати крутний момент приводу обертових елементів в динамічному режимі [5]. В давачі розроблено новий тип вимірювального елемента, який дозволить підвищити точність вимірювання, усунути складність виготовлення при наклеюванні та запіканні датчиків. Схему і загальний вигляд давача крутного моменту наведено на рис. 1.

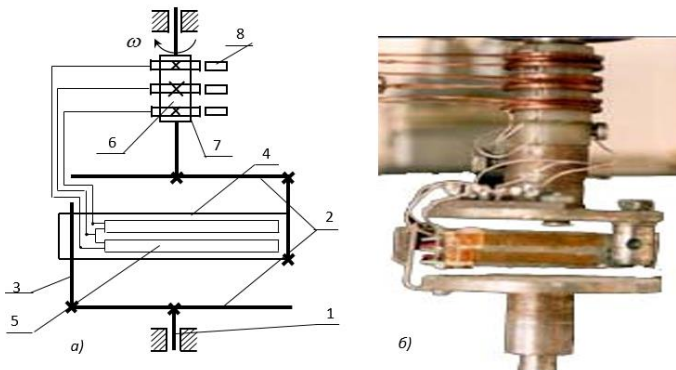


Рисунок 1 – Схема (а) і загальний вигляд (б) давача крутного моменту приводу обертових елементів: 1 – привідний вал; 2 – півмуфти; 3 – стояки; 4 – тензовимірювальна площа; 5 – тензодатчики; 6 – втулка; 7 – кільця; 8 – щітки

Давач складається з привідного вала 1, до якого закріплені дві півмуфти 2, з жорстко закріпленими стояками 3, на яких встановлена тензовимірювальна площина 4 (матеріал сталі Р 18) з наклеєними на ній тензодатчиками 5 типу 2ПКП–5–100. На привідному валу 1 закріплена втулка 6 з ізолюючого матеріалу, на якій встановлено жорстко кільця 7 зі щітками 8.

Давач працює таким чином. Привідний вал 1 приводить у рух півмуфти 2 зі стояками 3, які діють на вимірювальну площину 4, внаслідок чого вона прогинається. Величина прогину, викликана зміною зусилля крутного моменту, фіксується тензодатчиками 5. Сигнал від з тензодатчиків 5 через кільця 7 та щітки 8 знімається на тензопідсилювач типу 8АНЧ-7М або УТ4-1.

Результуючий сигнал сприймає блок аналогово-цифрового перетворення L–154, який встановлений у ПЕОМ.

Давач крутного моменту приводу обертових елементів забезпечує: інформаційний процес вимірювання крутного моменту в динамічному режимі; належний рівень точності вимірювання; швидкодію знімання даних досліджень; відображення і реєстрацію даних на моніторі ПЕОМ; збереження твердих копій даного процесу.

Список використаних джерел:

1. Дивин А.Г., Пономарев С.В., Мозгова Г.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля : учебное пособие. В 5 ч. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. Ч. 2. 108 с.

2. Туричин А.М., Новицкий П.В., Левшина Е.С. Электрические измерения неэлектрических величин.; /Под редакцией Новицкого П.В. Л.: Энергия, 1975. 576 с.

3. Полищук Е.С. Электрические измерения электрических и неэлектрических величин Москва: Энергия, 1980. 360 с.

4. Шушкевич В.А. Основы электротензометрии. Минск: Вышэйш. шк., 1975. 351 с.

5. Патент 70691. Україна, МКИ G01L5/00, G01L5/24. Вимірювач крутного моменту

№ 200312121556; заявл. 23.12.2003; опубл. 15. 10.2004, Бюл. №10. 4 с.

УДК 621.9-813

М. С. Биков, аспірант

А. О. Нешта, канд. техн. наук, старший викладач

І. М. Дегтярьов, канд. техн. наук, старший викладач

Сумський державний університет

ПОРІВНЯННЯ СПОСОБІВ ЗАТЯГУВАННЯ РІЗЬОВИХ З'ЄДНАНЬ У ПРОЦЕСІ СКЛАДАННЯ КРИШКИ ТА КОРПУСУ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КОНТРОЛЮ ОСЬОВОГО ВИДОВЖЕННЯ ШПИЛЬОК

Наразі у машинобудування переважно застосовують дві принципово різні способи затягування різьових з'єднань, а саме попередня осьова витяжка різцевого стрижня, як правило шпильки [1], та затягування шляхом прикладення певного крутного моменту [2], як правило до гайки.

У першому варіанті застосовують гідравлічні домкрати, що розтягують шпильку з певним розрахованим осьовим зусиллям, а гайка просто накручується «від руки» до упору в торець шайби. Після цього навантаження, що надає домкрат знімається і шпилька, що виконується з високоякісної легованої сталі з термічним обробленням та має пружні властивості, намагається повернутися у своє початкове положення таким чином створюючи тиск у витких різі, затягуючи з'єднання.

У другому варіанті затягування здійснюється за допомогою прикладення крутного моменту, як правило до гайки. При цьому процес затягування виконується за чіткою схемою, та може містити до трьох етапів, в залежності від відповідальності вузла, де використовується це з'єднання. На першому етапі виконують попереднє затягування з певним значенням моменту. На другому етапі значення моменту збільшують до розрахункового значення, що задає конструктор. І на третьому етапі для особливо відповідальних з'єднань, наприклад таких як з'єднання головки блоку циліндрів із блоком циліндрів двигунів внутрішнього згорання, виконують довертання гайки на певний кут. Як правило, за даною технологією між етапами затягування встановлюється певний час для перерозподілу внутрішніх напружень.

Для затягування великогабаритних шпильок у потужних відцентрових насосах використовують виключно спосіб попередньої осьової витяжки. У процесі експлуатації під час

проведення ремонтних робіт деякі зі шпильок можуть вийти з ладу, мати тріщини та інші дефекти. Але за вимогами стандарту до насосів [3], особливо в атомній енергетиці, заміні мають підлягати не тільки шпильки, що прийшли у непридатність так і всі інші. Це досить дорого, але стандарт на приймання атомні насоси вимагає щоб шпильки були виготовлені з матеріалу однієї плавки та пройшли термічне оброблення в одній печі за одне завантаження з однаковими термічними режимами. Це дає змогу стверджувати, що властивості усіх шпильок будуть абсолютно однаковими.

Враховуючи вищесказане необхідно задатися критерієм, за яким можна було б порівнювати шпильки, що вже були у використанні та нові шпильки, які ставляться на заміну. Так як шпилька виготовляється з пружного матеріалу, то для неї справедливим є закон Гука. Тому таким критерієм є лінійне (осьове) видовження шпильки.

Для можливості такого контролю у процесі ремонтних робіт необхідно мати компактний, а головне простий аналоговий механічний контрольний пристрій, що і буде розроблятися у подальших дослідженнях.

Список використаних джерел:

1. Копей Б. В., Михайлюк В. В., Лисканич М. В. Зтягування різьбових з'єднань та способи контролю моменту згвинчування насосних штаг. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ – 2007. – № 3(24). – С. 82-88.
2. Електронний ресурс. Режим доступу - <https://uabooks.top/2500-8-skladannya-roznmnih-zyednan.html>
3. ДСТУ EN 809:2015 Насоси та насосні агрегати для рідин. Загальні вимоги щодо безпеки.

УДК 62-83:681.2.083

В. В. Брилистий, аспірант

О. С. Назарова, канд. техн. наук, доцент

В. В. Осадчий, канд. техн. наук, доцент

Національний університет «Запорізька політехніка»

ВИМІРЮВАННЯ КРУТНОГО МОМЕНТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛЕЙ

З метою дослідження енергоефективності приводу електромобіля [1] в динамічних режимах роботи розроблено лабораторний стенд з вузлом вимірювання та створення моменту навантаження на валу досліджуваного двигуна, що дозволяє експериментальним шляхом визначити аналітичну характеристику приводу (системи ПЧ – Д), в досліджуваному діапазоні роботи двигуна. Отримана характеристика дозволить провести математичне моделювання динамічних режимів роботи електричного транспортного засобу [2,3] та здійснити пошук коефіцієнтів редукторів та потужностей двигунів, що забезпечують при розгоні від 0 до 100 км/год мінімальне споживання енергії, що визначає актуальність поставленого завдання.

З метою визначення шуканої функції розроблено лабораторний стенд, який складається із трьох підсистем: управління, вимірювання і механічної. Регулювання моменту опору на валу досліджуваного двигуна забезпечується підсистемою керування. За допомогою органів керування змінюється значення заданих частот обертання, які подаються на регулятори швидкості частотних перетворювачів фірми Siemens навантажувального та досліджуваного приводів [4]. Управління навантажувальним двигуном здійснюється ПЧ SINAMICS G120 (3), а досліджуваним – SINAMICS S 120. Вимірювальна підсистема фіксує показання приладів, що визначають споживану електричну енергію та механічну потужність на валу двигуна. Відбувається вимірювання на-пруги та струму в колі постійного струму ПЧ досліджуваного двигуна, що дає інформацію про споживану електричну енергію. Дані про частоту обертання валу двигуна реєструються за допомогою програмного забезпечення фірми Siemens STARTER, що дозволяє в режимі реального часу стежити за параметрами

системи керування. Інформація про момент на валу досліджуваного двигуна формується на підставі даних тензOMETричного датчика сили, що є частиною конструкції механічної підсистеми, яка вимірює зусилля на валу досліджуваного двигуна. Розроблений стенд, що має вузол вимірювання крутного моменту на валу досліджуваного двигуна, дозволяє визначити характеристику електроприводу у вигляді залежності споживання електричної енергії від моменту і частоти обертання ротора двигуна. Зазначені залежності враховують варіативність ККД двигуна в динамічних режимах роботи математичної моделі електричного частотно-керованого приводу.

Список використаних джерел:

1. Osadchyu, V.V. Laboratory Stand for Research of Energy Characteristics of Electric Vehicle Drives / O.S. Nazarova, V.V. Osadchyu, V.V. Brylystyі // 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), 2021. – pp. 1-4. doi: 10.1109 / MEES52427.2021.9598661

2. Nazarova, O.S. Computer simulation of electric vehicle acceleration processes with different positions of the mass center / O.S. Nazarova, V.V. Osadchyu, V.V. Brylystyі // Applied Aspects of Information Technology, 2020. - Vol.3. - No.3. - pp. 154–164. DOI: 10.15276/aait.01.2020.4

3. Осадчий, В.В. Структура системы управления 4-х приводной силовой установки для электрических транспортных средств / В.В. Осадчий, Е.С. Назарова, В.В. Брылистий // Проблемы региональной энергетики (специальный выпуск), 2019. – № 1-2(41) 2019. – С. 65-73. DOI: 10.5281/zenodo.3239150

4. Брилистий, В.В. Вимірювання крутного моменту для дослідження енергетичних характеристик приводів електромобілей / В.В. Брилистий, О.С. Назарова, В.В. Осадчий // Електротехніка та електроенергетика, 2021. - №4. - С. 36–44. <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2021-4-4>

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ АКТИВНОГО КОНТРОЛЮ

Автоматизовані системи активного контролю призначені для вимірювання геометричних розмірів деталей у процесі їх оброблення і управління технологічним обладнанням за результатами цих вимірювань. Прилад активного контролю за допомогою своїх дискретних релейних команд повністю керує режимом зняття припуску з оброблюваної деталі і відведенням шліфувального круга при досягненні заданого розміру [2].

Визначення метрологічних характеристик (похибок) приладу є найбільш відповідальною частиною випробувань, що включає перевірку і калібрування приладу. Точність обробки вважається задовільною, якщо поле розсіювання розмірів оброблених деталей не виходить за межі, встановлені документацією на прилад [1, 3].

В сучасних приладах активного контролю для шліфувальних верстатів застосовують мікропроцесорні або комп'ютерні цифрові блоки управління та індуктивні перетворювачі. При випуску і налагодженні приладу і при заміні перетворювача після ремонту необхідно провести його лінеаризацію (калібрування), встановивши задану дискретність цифрової індикації, діапазон вимірювання і, головне, задану лінійність характеристики у всьому діапазоні вимірювання. Мікропроцесорні електронні блоки забезпечені програмою, що дозволяє провести лінеаризацію характеристики перетворювача.

Процедура калібрування і лінеаризації полягає в тому, що в мікропроцесорний блок вводять задані точки, які визначають «ідеальну» характеристику приладу. Потім переміщують шток індуктивного перетворювача або наконечник вимірювального оснащення на визначені інтервали і, встановлюючи його в задані точки «ідеальної» характеристики, запам'ятовують в блоці вихідні сигнали перетворювача в кожній точці. Таким чином, вихідна характеристика приладу наближається до заданої (лінійної) характеристики.

Оптоелектронні прилади і цифрові індикатори, завдяки великому діапазону вимірювання, високій точності (похибка 0,2–

0,3 мкм), установці нуля (скидання на нуль) в будь-якій точці діапазону вимірювань і цифровому відліку надзвичайно зручні для настройки, перевірки і випробування вимірювальних приладів. Однією з умов калібрування за допомогою оптоелектронного зразкового приладу є забезпечення плавних однакових долемікронних одночасних переміщень, що задаються вимірювальним наконечником зразкового приладу і приладу, який калібрується. Це дозволяє порівняти їх покази і визначити похибку в будь-якій точці діапазону вимірювань. Цифрова індикація цих приладів ідеально підходить для повірки і калібрування, так як відлік за нею зручний і не має похибки.

Список використаних джерел:

1. Денисюк В.Ю., Симонюк В.П., Лапченко Ю.С., Новосад Б.І. Метрологічне забезпечення точності приладів активного контролю в процесі обробки / “Перспективні технології та прилади”. Збірник статей. Випуск 16. м. Луцьк, червень 2020 р. – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – С. 38–47.
2. Денисюк В.Ю., Симонюк В.П., Лапченко Ю.С. Технологічне забезпечення точності деталей підшипників засобами активного контролю / Збірник наукових праць VI Міжнародної науково-технічної конференції з проблем вищої освіти і науки ТК-2020 «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів» м. Луцьк, Україна 2-4 червня 2020 року. – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – С. 148–149.
3. Денисюк В.Ю., Симонюк В.П., Лапченко Ю.С., Тимошук А.А., Черняк С.О. Метрологічне забезпечення точності засобами активного контролю на операціях шліфування / Збірник тез доповідей XX-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування: стан і перспективи», ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 18-19 травня 2021 р., м. Київ, Україна, – 2021. – С. 244.

УДК 006.9

Р. О. Залога, аспірант

В.О. Залога, докт. техн. наук, професор

Сумський державний університет

К. О. Дядюра, докт. техн. наук, професор

П. І. Прокопович, студент, група МІ-211

Національний університет «Одеська політехніка»

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТОДИКИ БІОЛОГІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ НА ЦИТОТОКСИЧНІСТЬ IN VITRO ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ З ЕТИЛЕН-ВІНІЛАЦЕТАТУ (EVA)

Від досліджень захворювань до розробки медичних пристроїв, матеріалів та методів лікування сектор охорони здоров'я значною мірою залежить від вимірювань, що гарантують відповідність вимогам. Вимірювання необхідні для сумісності медичного обладнання, матеріалів та пристроїв, а також для обміну інформацією. Дотримання положень стандартів серії ISO 10993 "Оцінка біологічної дії медичних виробів" дозволить забезпечити системний підхід до дослідження біологічної дії медичних виробів [1]. Стандарти серії ISO 10993 є керівними документами для прогнозування та дослідження біологічної дії медичних виробів на стадії вибору матеріалів, призначених для виготовлення, а також для досліджень готових виробів. Методи дослідження цитотоксичності викладені в ISO 10993-5. Методи дослідження з використанням клітинних культур визначають лізис клітин, уповільнення зростання клітин, а також інші види впливу на клітини, зумовлені медичними виробами, матеріалами та (або) екстрактами з них.

Відповідно до вимог ISO/IEC 17025-2019 компетентна лабораторія має використовувати валідовані методи вимірювань, оцінювати невизначеність вимірювань кількісних величин та проводити періодичний контроль якості вимірювань. Ці вимоги стосуються діяльності мікробіологічних лабораторій, які можуть зазнавати труднощів із практичною реалізацією згаданих процедур, зокрема з правильним застосуванням статистичних методів обробки даних. Проведення валідації/верифікації мікробіологічних методик оцінки цитотоксичності полімерних матеріалів на основі етилен-вінілацетату (EVA) є життєво важливим і необхідним для досліджень впливу на організм

людини та потребує особливої уваги.

Метою роботи є обґрунтування та оцінка невизначеності методики біологічного оцінювання на цитотоксичність *in vitro* полімерних матеріалів з етилен-вінілацетату.

Представлені результати тестів *in vitro* на цитотоксичність доводять, що склад етилен-вінілацетату (EVA) прямо впливає на величину редукції резазурину, зміну морфології клітин та рН середовища. Всі досліджені зразки продемонстрували негативний цитотоксичний ефект, що підтверджує відсутність токсичності та наявність буосумісності полімерних зразків на основі етилен-вінілацетату (EVA), які використовуються для виготовлення ортопедичних конструкцій. Експериментальні дослідження, проведені в рамках валідації/верифікації методики кількісного виділення мікроорганізмів, не виявили відхилень отриманих результатів від встановлених критеріїв прийнятності. Це доводить можливість застосування валідаційних параметрів "правильність", "прецизійність", "стійкість", "межа кількісного виявлення" при валідації нових методик кількісного визначення мікроорганізмів або верифікації раніше валідованих. Поглиблений аналіз та зіставлення одержаних результатів з даними про склад та структуру полімерних матеріалів на основі етилен-вінілацетату (EVA), механічними властивостями та подальше дослідження зразків в експерименті *in vivo* на лабораторних тваринах дозволять виявити додаткові зв'язки між характеристиками зразків та їх біологічною активністю.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ EN ISO 10993-1:2015 Біологічне оцінювання медичних виробів. Частина 1. Оцінювання і тестування в рамках процесу управління ризиками (EN ISO 10993-1:2009, IDT; ISO 10993-1:2009, IDT).

УДК 006.91+537.8+681.1+681.2-5

¹О. Л. Кайдик, канд. техн. наук, доцент¹Т. В. Терлецький, канд. техн. наук, доцент²О. В. Івченко, канд. техн. наук, доцент¹В. В. Пташенчук, канд. техн. наук, доцент¹Луцький національний технічний університет²Сумський державний університет

ПРО КОРЕГУВАННЯ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПІД ЧАС ПОВІРКИ

Корегування кінцевої похибки вимірювання за методом зразкових сигналів прийнято здійснювати за різницею між дійсним (Y) та номінальним (Y_n) значеннями вихідного сигналу вимірювального пристрою, який відповідає деякому, наперед заданому, значенню зразкового сигналу X_p [1]. Значення Y_n формується за допомогою зразкового прямого перетворювача, а різниця $(Y - Y_n)$ дорівнює приведеній до виходу похибці й виокремлюється схемою віднімання та являє собою коригувальний сигнал Z_k .

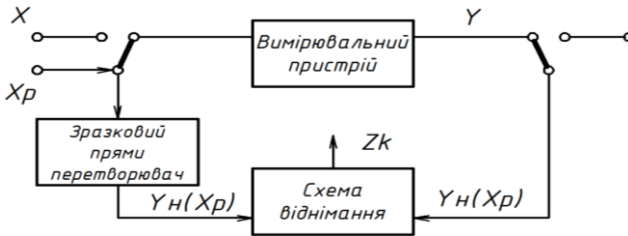


Рисунок 1 – Структурна схема методу зразкових сигналів

Відповідно до наведеної схеми (рис. 1), електромагнітні вимірювальні перетворювачі (ЕВП), які повіряють на проливних повірочних установках класифікують за вимірювальним пристроєм (первинним перетворювачем витрат) на вхід якого надходить один із двох інформативних параметрів X або X_p – відповідно вимірювальні ($Q_{\text{вим}}$) та зразкові (Q_s) витрати речовини [2]. Параметр Y – це перетворене значення витрат, яке прийнято подавати у цифровому вигляді. Оскільки, під час застосування мікропроцесора, як зразкового прямого перетворювача та схеми

віднімання різниці між перетвореним значенням NQ та $NQ_3^{\text{тар}}$ (тарувальне цифрове значення) зберігається у пам'яті мікропроцесора, і також матиме цифрове подання. Коригуюче значення Z_k виступає водночас і струмом підмагнічування, і живленням ($I_{\text{пит}}$) котушок магнітної системи і пропорційне цій різниці ($NQ - NQ_3^{\text{тар}}$).

Точність вимірювання даного методу буде залежати від апроксимації тарувальної характеристики для великого діапазону вимірювання витрат, а математичний підхід не буде враховувати впливу параметрів вимірюваного середовища та магнітної системи, які мають властивість змінюватись під час експлуатування.

Окрім того, для уточнення тарувальної характеристики, на практиці, користуються різними емпіричними або теоретичними поправочними коефіцієнтами (температури; нестабільності джерела живлення; зміни характеру потоку за малих витрат рідин). Варто зауважити, що усі, існуючі, способи корегування величини витрат опосередковано впливають на точність результату вимірювання.

Враховуючи вищевикладене, на даний час, важливим завданням залишається створення нового способу, який дозволив би вимірювати витрати електропровідних середовищ та враховував, при цьому, вплив параметрів вимірюваного середовища й магнітної системи на точність результату вимірювання.

Список використаних джерел:

1. Бабула І.В., Гладішевський А.А., Корчагін В.П., Терлецький Т.В. До питання корегування похибки вимірювання за методом зразкових сигналів. *Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання* : збірник тез доповідей 7-ої науково-практичної конференції (м. Івано-Франківськ, 19-20 листопада 2019 р.). Івано-Франківськ : ПТ, ІФНТУНГ. – 2019. – С. 14–16.

2. Вплив методів повірки на вибір моделі проливної установки / Кайдик О.Л., Терлецький Т.В. // “Перспективні технології та прилади”. Збірник наукових праць. Випуск 7 (12). – Луцьк: Луцький НТУ, 2015. – С. 49–53.

ДО РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЛАЗЕРНОГО РІЗАННЯ В ВИРОБНИЧОМУ ПРОЦЕСІ

Основною вимогою до такої інформаційно-вимірювальної системи є достатність для виконання всіх необхідних функцій інформаційно-вимірювальної системи.

Для виконання цих функцій необхідно спеціальне забезпечення: технічне забезпечення; математичне забезпечення; програмне забезпечення; інформаційне забезпечення; лінгвістичне забезпечення; організаційне забезпечення.

Під технічним забезпеченням розуміється комплекс технічних і апаратних засобів від ПК до датчиків (вимірювальних перетворювачів). Технічне забезпечення утворює фізичне середовище, в якій функціонують інші види забезпечення (математичне, лінгвістичне, інформаційне та ін). Всі елементи такого середовища з'єднані між собою за допомогою локальних і/або глобальних мереж.

Під математичним забезпеченням розуміють сукупність математичних методів, моделей, алгоритмів обробки інформації, що використовуються при створення автоматизованої системи управління.

Під інформаційним забезпеченням розуміється сукупність інформації, циркулюючої в автоматизованій системі управління при її функціонуванні. Програмне забезпечення являє собою комплекс програм, реалізують алгоритми обробки інформації. Лінгвістичне забезпечення визначається як сукупність мовних засобів для формалізації природної мови, побудови інформаційних одиниць при спілкуванні користувачів із засобами обчислювальної техніки. Організаційне забезпечення визначається як сукупність документів, регламентують діяльність користувачів інформаційно-вимірювальної і керуючої системи в умовах її функціонування.

Наявність комп'ютерних мереж дозволяє використовувати єдину централізовану базу даних для використання її на всіх автоматизованих робочих місцях, незалежно від їх місцезнаходження. Для організації локальних мереж використана архітектура «зірка», що володіє наступними перевагами: -

відсутність затримок при передачі даних на сервер (наприклад, при організації "кільце" виникає затримка, так як пакет з даними проходить через всі вузли, причому канал зв'язку односпрямований, при організації "Магістраль" користувачі змушені використовувати канал зв'язку в режимі поділу часу); - оптимальне співвідношення "ціна/якість"; - нескладний монтаж.

Стосовно до розглянутого виду виробництва, інформація після розкрою вихідного матеріалу надходить з цеху на центральний комп'ютер, що дозволяє постачальнику вчасно і правильно планувати закупівлю необхідних матеріалів.

Математичне забезпечення підсистеми оптимального розкрою становить розроблений алгоритм вирішення цілочисельного завдання розкрою.

Для забезпечення нормальної роботи виробництва використовується єдина база даних, інформація якої використовується для всіх перерахованих вище підсистем. Для побудови бази даних може бути використана будь-яка промислова СУБД. Програма оптимізації розкрою реалізована на мові C++ з використанням пакетів Inprise C++ Builder 4.0 та Visual Studio 6.0 під стандартні операційні системи сімейства Windows.

Список використаних джерел:

1. В.В. Слепцов, В.К. Гарипов. Распределенные информационно-измерительные системы в гибких автоматизированных производствах. Концепция проектирования. М.: МГУПИ, 2004. –150 с.
2. В.Г. Лукашкин, В.К. Гарипов, А.Г. Польшаный, В.В. Слепцов. Современные автоматизированные средства измерений, контроля и управления. М.: МГУПИ, МКВИ, 2011. – 688 с.

УДК 532.61

О. Г. Малько, канд. техн. наук, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ГІСТЕРЕЗИС РІДИННОГО МЕНІСКА У ЗАМКНУТІЙ ГАЗОВІЙ СИСТЕМІ

При вимірюванні поверхневого натягу рідин методом максимального тиску у газовій бульбашці значний інтерес представляє залежність процесу зміни її об'єму від переміщення плунжера для випадку замкнутості газової системи (кількість газової фази є сталою) (рис.1)

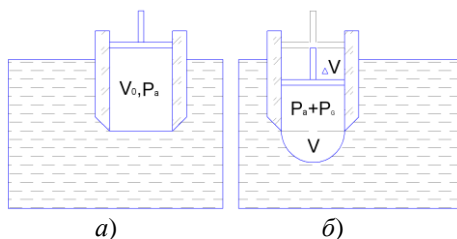


Рисунок 1 – Процес утворення газової бульбашки а) початковий стан, б) текучий стан

Особливо цікавою є поведінка меніска при проходженні стану максимального тиску в ньому при видавлюванні і всмоктуванні меніска. Експериментально дослідити цей процес досить важко, так як, він є стрибкоподібний, тому детально зафіксувати відповідну зміну об'єму проблематично.

З термодинамічної точки зору вказано процес зміни об'єму менісків є ізотермічними так як об'єм рідини набагато більший від об'єму газового меніска, а теплоємність рідини є незрівнянно більша від теплоємності газової фази. А процес утворення газового меніска відбувається у малому об'ємі. Виходячи з вказаних вище припущень і враховуючи те, що кількість газової фази у системі камера - капілярна поверхня меніска є сталою, на основі рівняння стану ідеального газу можна записати, що $PV = const$ де P, V - відповідно тиск і об'єм газу в системі. Процес видавлювання можна описати за допомогою залежності:

$$(P_a + \Delta \rho gh)V_0 = (P_a + P_\sigma)(V_0 - \Delta V + V),$$

де P_a - атмосферний тиск, $\Delta \rho$ - різниця густин контактуючих фаз,

V_0 - початковий об'єм замкнутої системи при плоскому меніску (рис.1, а), P_σ - надлишковий тиск створений капілярними силами, ΔV - зміна об'єму камери за рахунок руху плунжера, V - об'єм утвореного газового меніска. У даному виразі ліва частина відповідає стану (рис.1, а), а права стану (рис.1, б). Звідки можна отримати залежність об'єму видавлювання поршнем ΔV від об'єму бульбашки V :
$$\Delta V = V + V_0 \frac{P_a}{P_a + P_\sigma} .$$

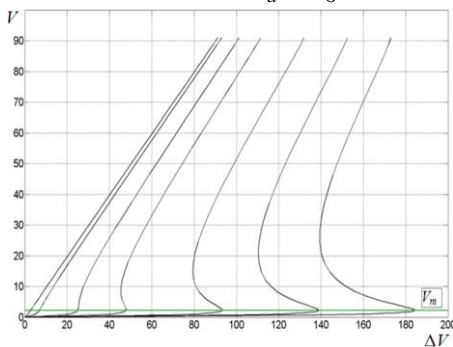


Рисунок 2 – Залежності об'єму меніска V від зміни об'єму системи ΔV для значень початкового об'єму V_0

Залежність тиску у газовому меніску від його об'єму $P(V)$ отримана шляхом чисельного моделювання квазістатичного процесу зростання рідинного меніска [1] а основі рівняння капілярності Лапласа у диференціальній формі [2] отримані залежності $V(\Delta V)$. На рис. 2. наведені характерні графічні залежності для різних значень початкового об'єму $V_0 = kV_m$ для капілярної сталої [2] приведеної до радіуса капіляра $a^2/r^2 = 10$. Тут ($k = 100, 1000, 5000, 10000, 20000, 30000, 40000$).

Список використаних джерел:

1. Малько О. Г., Кісіль І. С., Малько А. О. Характеристики меніска газової бульбашки в околі максимального тиску в ній. //Методи та прилади контролю якості. – 2008. -№21. – С. 77-82.
2. Русанов А.И., Прохоров В.А. Межфазная тензометрия. – СПб: Химия, 1994. – 400с.

УДК 621.

В. І. Марчук, докт. техн. наук, професор

І. В. Марчук, канд. техн. наук, доцент

Т. Є. Божко, канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет

ПРО ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ МАШИНОБУДІВНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Стандартизація широко поширена у всіх промислово розвинutih країнах. Стандарти мають силу закону, - вони обов'язкові для всіх підприємств і організацій.

Науково-технічний прогрес машинобудування в сучасних умовах характеризується зниженням їхньої металоємності і застосуванням нових технологічних процесів із широким використанням комп'ютерних технологій у кооперації з багатьма заводами. В умовах ринкової економіки продукція машинобудівних заводів повинна відповідати рівню кращих вітчизняних і закордонних зразків.

Якість кінцевого виробу залежить від якості матеріалів, заготовок, покупних і одержуваних по кооперації вузлів і деталей. Це викликає необхідність ув'язування вимог до якості на кожній стадії життєвого циклу виробу. Це ув'язування найбільш успішно здійснюється при програмно-цільовому методі планування, розробці і впровадженні стандартів, що дозволяють встановити вимоги до якісного рівня виробів і його складових частин, матеріалів.

Постійно розробляючи і впроваджуючи стандарти і систематично переглядаючи діючі, можна планомірно підвищувати якість продукції. Така керуюча роль стандартизації передбачається планами розвитку народного господарства високорозвинених промислових країн.

Підвищення технічних характеристик, надійності і довговічності машин, приладів і інших виробів передбачається в планах державної стандартизації, а потім реалізується в стандартах. Проведена при цьому уніфікація і стандартизація оптимальних конструкцій машин і їхніх вузлів і деталей, забезпечення повної взаємозамінності створюють умови для подальшої спеціалізації і кооперування в промисловості, для

випуску високоякісних виробів і економічності їхнього виробництва.

Необхідність створення приладів високої точності пояснюється вимогами, що висуваються до точності деталей, які виготовляються. Підвищення якості продукції, що випускається, неможливе без забезпечення єдності вимірювань.

З підвищенням якості продукції зростають витрати на її виготовлення. Однак новий підхід до створення продукції високої якості полягає у вишукуванні нових рішень, що забезпечують необхідну якість при мінімальних витратах. Це рішення може бути реалізоване при створенні високих комп'ютерних технологій.

Коефіцієнт стандартизації визначається за формулою:

$$K_{cm} = \frac{M_{cm}}{M}, \quad (1)$$

де M_{cm} – кількість розмірів деталі, що підпорядковуються стандартному ряду (1, табл. 20 [1]); M – загальна кількість розмірів.

Системи сертифікації діють на національному, регіональному та міжнародному рівнях. Розрізняють також державні (урядові) та недержавні (неурядові) системи сертифікації. Сертифікацію продукції можна проводити окремим підприємством (самосертифікація), яке при цьому випускає сертифіковані вироби з підтвердженням їхньої відповідності вимогам певних національних або міжнародних стандартів. Більш поширеною є національна сертифікація, за якою підприємства тієї чи іншої галузі промисловості випускають продукцію відповідно до вимог визначених національних і (або) міжнародних стандартів. Система національної сертифікації передбачає, як правило, встановлення на державному рівні органів, які здійснюють нагляд за якістю продукції, що випускається (так звана сертифікація з участю третьої сторони), а також участь у системі дослідних лабораторій і лабораторій.

Алгоритм виготовлення і контролю конкурентноздатної продукції представлений на рисунку 1.

Проблема якості може бути вирішена тільки на основі чіткої системи постійно діючих заходів. На сучасному етапі прийнята система якості (СЯ), встановлена в міжнародних стандартах - ISO серії 9000.

Відповідно до цієї системи керування якістю охоплює всі стадії й етапи життєвого циклу продукції.

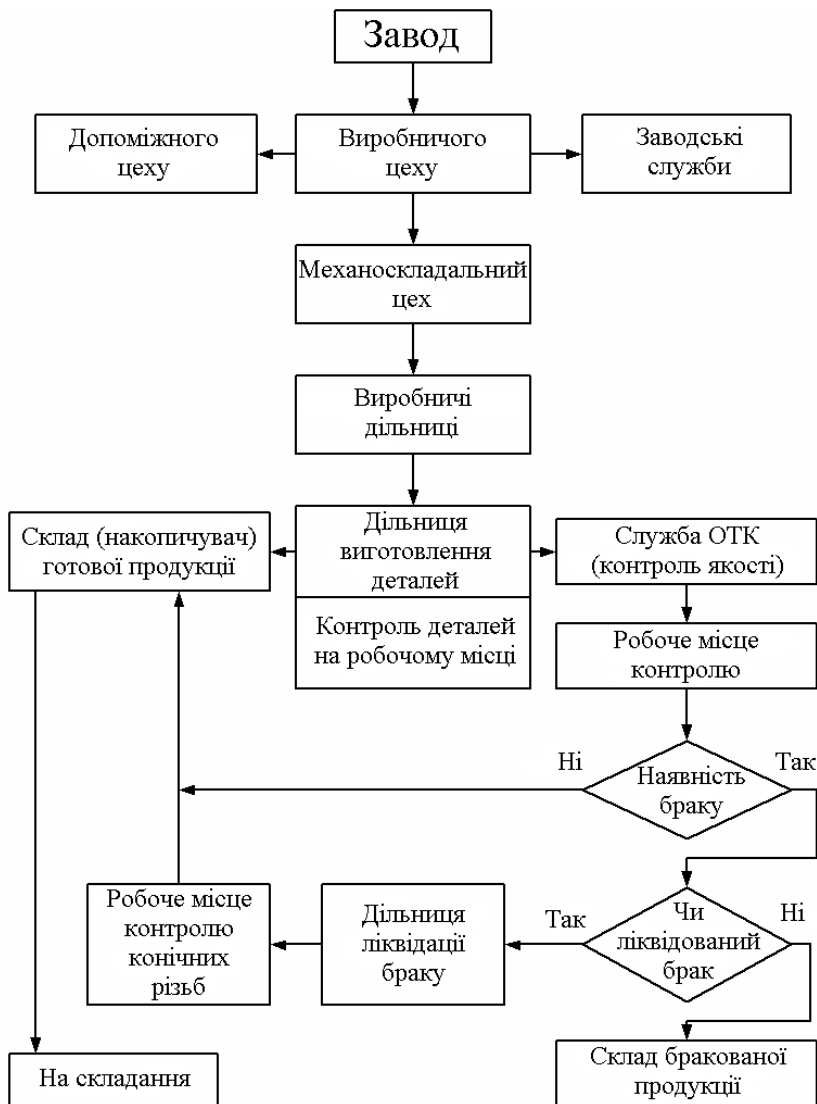


Рисунок 1 – Алгоритм виготовлення і контролю конкурентноздатної продукції

Список використаних джерел:

1. Марчук І.В. Монографія// Технологічні основи забезпечення й стабілізації якості поверхонь обертання на операціях механічного оброблення // Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2019.

2. Марчук І.В., Марчук В.І., Модель стабілізації високочастотних коливних процесів в динамічній системі круглого врізного шліфування. Збірник наукових праць. – Луцьк: ЛНТУ, 2016. – Перспективні технології та прилади №9. - С.75-83.

3. Марчук В.І. Технологічні основи забезпечення якості робочих поверхонь кілець роликотішлипників [Текст] : дис... д-ра техн. наук: 05.02.08 / Марчук Віктор Іванович ; Луцький держ. технічний ун-т. - Луцьк, 2004. - 458 арк.+ дод.: 150арк. - арк. 430-458

4. V. Marchuk, D.Sc., T. Dzhuguryan, D.Sc., I. Marchuk, Ph.D, L. Sachkovska: The effect of temperature on the grinding surface quality ring roller. Перспективні технології та прилади №15 2019 р., Луцький НТУ. С. 58-62. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2313-5352-2019-15-8 ст 58-62>

УДК 621.385.6

А. І. Сатюков, канд. фіз.-мат. наук, доцент

А. Л. Приступа, канд. техн. наук, доцент

Національний університет "Чернігівська політехніка"

ВПЛИВ ЕФЕКТУ ЗАТЯГУВАННЯ ЧАСТОТИ НА РОБОТУ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ГЕНЕРАТОРІВ НВЧ

Генератори надвисоких частот (НВЧ) здобули поширення при використанні у телекомунікаційній, побутовій, та радіоелектронній техніці, а також завдяки залученні до: радіолокації, радіонавігації, космічних дослідженнях та інше.

Головними вимогами до вимірювальних генераторів є стабільні параметри коливань – в першу чергу частоти і потужності. Особливо важливо, щоб ця стабільність не залежала від роботи та параметрів зовнішнього навантаження, приєднаного до генератора.

Одним з наслідків впливу навантаження є ефект затягування частоти генератора. Він полягає в зміні частоти внаслідок потрапляння в генератор потужності, що відбивається від навантаження.

Одним з поширених варіантів виводу потужності вимірювальних генераторів є смісний вихід. Практично він уявляє собою коаксимальний конденсатор змінної ємності. Одна з обкладинок його переміщується, що призводить до зміни ємнісного опору. Однак при зближенні обкладинок опір зменшується не тільки для вихідної потужності, але і для відбитої (в разі її присутності). Це може стати причиною виникнення ефекту затягування частоти.

Звичайно, найкращим варіантом захисту від зворотної потужності було б використання феритових вентилів, але частота вимірювальних генераторів може змінюватись в достатньо широких межах. Тому цей варіант був би вкрай незручним.

Другим варіантом є використання розв'язуючого атенюатора, який зменшує величину зворотної потужності. Частково, саме так сконструйований вивід потужності у широко розповсюджених вимірювальних генераторів серії Г4-80 - Г4-82. Дані генератори були досліджені в діапазоні частот 2-9 ГГц.

На рисунку 1 представлені експериментальні залежності частотної похибки цих генераторів в різних режимах для частоти 6 ГГц.

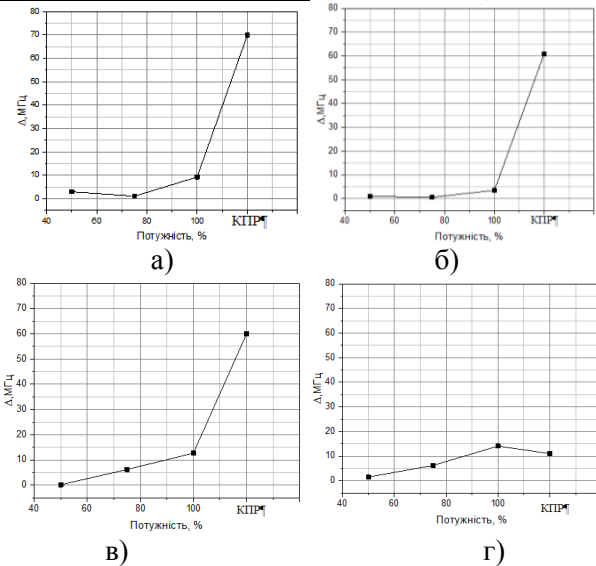


Рисунок 1 – Експериментальні значення частотної похибки для наступних режимів: а) – при відкритому вході; б) – при короткозамкненому навантаженні; в) – при узгодженому навантаженні; г) - при встановленні коаксіального кабелю, підключеного до вбудованого вимірювача потужності

Як видно з представлених залежностей ефект затягування частоти найбільше впливає на вихідну частоту генератора з ємнісним виводом при крайньому положенні регулятора потужності (КПР).

Для генераторів з ємнісним виводом у діапазоні НВЧ слід використовувати атенюатори на некаліброваному виході, для кращої компенсації впливу ефекту затягування частоти.

Рекомендується наводити подібні залежності в технічній документації вимірювальних генераторів.

УДК 006.91:681.121

¹**О. Є. Середюк**, докт. техн. наук, професор

¹**В.Б. Шевчук**, аспірант

²**Д.О. Середюк**, канд. техн. наук

¹*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

²*ДП “Івано-Франківськстандартметрологія”*

НОВИЙ ПІДХІД ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОВІРКИ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

Реалії сучасних аспектів повірки побутових лічильників газу (ПЛГ) спираються на ряд проблем:

1) Значна кількість ПЛГ, які підлягають періодичній повірці після восьмирічного терміну експлуатації;

2) Недостатня кількість еталонних установок для здійснення повірки, функціонування яких передбачає демонтаж ПЛГ з місця експлуатації і їх транспортування до установок, за допомогою яких здійснюють повірку ПЛГ;

3) Застарілі нормативні документи, які передбачають реалізацію періодичної повірки з обов'язковим демонтажем ПЛГ з місця експлуатації і визначення метрологічних характеристик ПЛГ під час повірки з використанням повітря як робочого середовища [1].

На сьогодні нами запропонований патентозахищений новий підхід до практичної організації повірки ПЛГ [2], який на наш погляд дозволяє забезпечити підвищення продуктивності функціонування еталонних повірочних установок і при цьому досягти економії вартості затрат при її реалізації.

Суть реалізації нового підходу до здійснення повірки полягає в тому, що реалізують спосіб на повітрі або реальному середовищі (на природному газі). При обробці інформації здійснюють побудову кусково-інтерполяційної залежності похибки лічильника газу від робочої витрати через нього. При цьому визначають експериментальним шляхом похибку на трьох витратах, зокрема на двох нормованих для перевірки метрологічних характеристик витратах, які відповідають максимальній витраті і витраті, яка становить 20% від максимальної робочої і на третій контрольованій ненормованій витраті, яка становить 10% від максимальної робочої витрати. Похибку за мінімальної витрати

лічильника газу розраховують шляхом екстраполяції кусково-інтерполяційної залежності похибки лічильника газу, встановленої за результатами експериментально визначених значень похибок за витрат 20% і 10% від максимальної робочої витрати [2].

Застосування принципово нового методу побудови кусково-інтерполяційної залежності похибки лічильника від робочої витрати через нього дає можливість використовувати при виконанні повірки результати експериментального визначення похибки тільки на двох регламентованих нормативними документами витратах і на третій контрольованій витраті, яка суттєво перевищує нормовану мінімальну робочу витрату, завдяки чому суттєво зменшується тривалість часу визначення похибки за мінімальною робочою витраті ПЛГ, що суттєво зменшує вартісні і часові затрати при проведенні метрологічних досліджень ПЛГ.

Визначення експериментальним шляхом похибки за витрат 20% і 10% від максимальної робочої з наступною побудовою кусково-інтерполяційної залежності дозволяє встановити закономірності зміни похибки ПЛГ при їх функціонуванні за мінімальних витрат, що дозволяє виключити необхідність експериментального визначення похибки за мінімальною робочою витраті ПЛГ.

Перевагою запропонованого способу є можливість його застосування в еталонних установках з різними видами робочого середовища (повітря, природний газ) і різними конструктивними виконанням (стаціонарні, мобільні), що суттєво розширює його область практичного застосування і характеризує запропонований спосіб як універсальний щодо застосування для різних еталонних установок.

Водночас застосування експериментально встановлених закономірностей зміни похибки ПЛГ за їх значеннями за витрат 20% і 10 % від максимальної робочої витрати дозволяє здійснювати реалізацію запропонованого способу практично для всіх типів, типорозмірів і організацій-виробників ПЛГ, що характеризує запропонований спосіб як універсальний щодо застосування для різних типів, видів, типорозмірів ПЛГ, при визначенні їх похибки за мінімальною робочою витраті .

Повірку згідно запропонованого способу також можна здійснювати при демонтажі ПЛГ і доставці його до еталону, який функціонує на природному газі.

Також запропонований спосіб може бути реалізований при бездемонтажній повірці ПЛГ за місцем експлуатації у випадку

застосування спеціального технологічного обладнання, яке передбачає подачу повітря від допоміжного джерела витрати у вхідну лінію ПЛГ при перекритому вхідному трубопроводі лінії газопостачання перед побутовим лічильником.

Пропонований спосіб, завдяки своїй реалізації на повітрі або реальному робочому середовищі, а саме на природному газі, забезпечує якісно нову точність і достовірність повірки ПЛГ шляхом визначення їх метрологічних характеристик при одночасному спрощенні конструктивної реалізації способу і зменшення при цьому тривалості повірки, оскільки відпадає необхідність у створенні установок на малі витрати для забезпечення експериментального визначення похибки ПЛГ за мінімальної робочої витрати з можливістю його реалізації при бездемонтажній і демонтажній повірці ПЛГ.

Список використаних джерел:

1. Р50-071-98. Метрологія. Лічильники газу побутові. Методи та засоби повірки. [Чинний від 1998-03-27]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. III, 20 с. (Рекомендації).
2. Спосіб повірки побутових лічильників газу / Середюк Д.О., Середюк О.Є., Титаренко О.Ю.: пат. 148713 U Україна, МПК (2021.01) G01 F 25/00, №u2021 01935; заявл.12.04.21; опубл. 08.09.21, Бюл. №36.

УДК 681.121.833

В. В. Ткачук, аспірант

О. Є. Середюк, докт. техн. наук, професор

Л. В. Саманів, асистент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАСОБАМИ ТЕРМОАНЕМОМЕТРІЇ

В наш час достатньої уваги приділяється дослідженням в паливно-енергетичному секторі України, який стосується питань вирішення обліку енергетичних ресурсів, зокрема природного газу, у контексті з питаннями метрологічного забезпечення відповідних вимірювань. Тому більшої уваги потребують термоанемометричні методи та засоби для вимірювання витрати і об'єму природного газу, бо вони наділені достатньою точністю та практичністю.

Дослідженню цього питання приділено чималу увагу у роботах [1–3] та теоретично встановлено вплив вологи на теплофізичні характеристики газових середовищ. Однак потребує експериментального підтвердження правильність розроблених математичних моделей визначення теплофізичних характеристик газових середовищ. Це вказує на важливість проведення експериментальних досліджень та розроблення методологічних основ для обґрунтування поставлених питань у вищевказаних теоретичних дослідженнях.

Метою роботи є розроблення методологічного підходу щодо визначення впливу вологи на функціонування засобів термоанемометрії.

Одним із напрямків для дослідження впливу вологості на теплофізичні характеристики газової суміші є врахування робочих умов оточуючого середовища. При цьому необхідним є приведення параметрів досліджуваної суміші газів до стандартних умов газу. При експериментальних дослідженнях проводиться вимірювання вологості досліджуваного газу. Після визначення вхідних параметрів газу проводиться контрольована за витратою подача газу до секції змішування. Генерування вологого повітря відбувається в окремому блоці системи, де також контрольовано (вимірюється) і подається волога до секції змішування з повітрям.

Далі вологе робоче середовище подається до вимірювальної секції. До складу останньої входить термоанемометричний прилад (вимірює витрату або швидкість потоку), вологомір, давачі температури та тиску. Вихідні сигнали із вимірювальної секції поступають до ПЕОМ, де здійснюються подальше опрацювання інформації.

Розроблена методологія дозволяє визначати вплив вологості робочого середовища на покази термоанемометричних перетворювачів за різних значень параметрів газового середовища (тиск, температура, вологість, витрата) при використанні повітря або виду певного робочого газу, або природного газу.

Реалізація викладеної методики дозволить встановити основи щодо дослідження впливу вологості газової суміші на роботу засобів термоанемометрії та відкриває шляхи до напрямків подальших експериментальних досліджень.

Список використаних джерел:

1. Середюк О. Є., Ткачук В. В. Моделювання впливу вологи природного газу при термоанемометричних вимірюваннях. *Прикладні науково-технічні дослідження* : зб. матер. V міжнар. наук.-прак. конф., 5–7 квіт. 2021 р. Івано-Франківськ : АТН України, 2021. С. 222–224.

2. Ткачук В. В., Середюк О. Є. та ін. Моделювання впливу компонентного складу та вологості природного газу на його теплофізичні характеристики. *Перспективні технології та прилади* : зб. наук. праць ЛНТУ. 2021. № 18. С. 129–137.

3. Ткачук В. В., Середюк О. Є. Моделювання функціонування термоанемометричних перетворювачів за умов газодневних сумішей. *Нафтогазова енергетика 2021* : зб. матер. міжнар. конф., 21–24 вер. 2021. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. С. 209–211.

УДК 681.5.08; 681.723.078; 681.2-2

А. А. Троц, канд. техн. наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна,

М. Ф. Богомолов, канд. техн. наук, доцент

НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна,

В. П. Симонюк, канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет

АВТОМАТИЧНИЙ ПОВОРОТНИЙ СТОЛИК МІКРОСКОПА

Предметний столик призначений для розміщення на ньому мікропрепарату. У центрі столика знаходиться круглий отвір, через який проходять промені світла від дзеркала і освітлюють препарат знизу. У предметному столику є два маленьких отвори, куди вставляються металеві пружні пластинки - клеми, затискачі - для фіксації мікропрепарату до столика.

Основним недоліком столика мікроскопа (рис.1) є необхідність постійного втручання рук дослідника до препарату, що досліджується на столику. Для вирішення цієї проблеми нами розроблений універсальний автоматичний поворотний столик для всіх типів мікроскопів. Розробка може бути використана в біомедицині, приладобудуванні тощо.

Відліковий механізм точної подачі виконаний із системи шестерень в поєднанні із гвинтовою парою та оснащений шкалою, що має три діапазони.

Конструкція відлікового механізму виконана на базі технології серійного виробництва з використанням стандартних комплектуючих.

Аналогом розробки послужив штангенциркуль з механічною автоматичною індикацією, який складається з вимірювальної штанги з нерухомою губкою, рухомої рамки разом з відліковим пристроєм і з рухомою губкою, приєднаною до механізму точної подачі, рухома губка має подовжену штангу, а механізм точної подачі виконаний із системи зубчастих коліс в поєднанні з гвинтовою парою і оснащений шкалою, що має три діапазони.

Таким чином створено високотехнологічний відліковий механізм з механічною автоматичною індикацією для вимірювання лінійних розмірів і діаметрів з похибкою вимірювання 0,005% в широкому діапазоні.

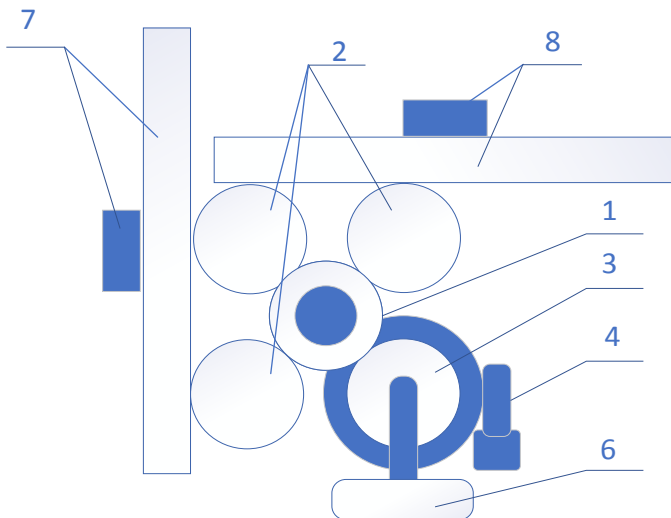


Рисунок 1 – Схема базового механізму поворотного столика для мікроскопа: 1 – серцевинна шестерня; 2 – основні шестерні; 3 – поворотно-приводна шестерня; 4 – кроковий двигун; 5 – корпус основного стола мікроскопа (виноскою не показаний); 6 – фіксатор поворотного столика; 7, 8 – рухомі планки з фіксаторами координатного поля

Механізм працює таким чином. Кроковий двигун 4 обертає зубчасте колесо 3 яке передає обертання на блок зубчастих коліс 1. Блок коліс 1 забезпечує обертальних рух на колесах 2 які, в свою чергу, рухають планки 7 та 8. Зубчасте колесо 3 окрім описаної роботи, ще й здійснює поворот столика в горизонтальній площині відносно основного стола мікроскопа. Якщо замість крокового двигуна 4 використати відліковий механізм, описаний вище, то поворотний столик буде повністю універсальним для будь-яких умов експлуатації, так як він повністю механічний.

Список використаних джерел:

1. <https://lifelib.info/cytology/practical/3.html>

УДК 614.88

В. С. Чернобровченко, аспірант
Сумський державний університет

К. О. Дядюра, докт. техн. наук, професор
Національний університет «Одеська політехніка»

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ПРИ ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ В МЕДИЦИНІ

Прийняття тяжких та «правильних» рішень в медичній галузі гостро стоїть на порядку денному в зв'язку з постійним виникненням нових захворювань чи мутації вже відомих інфекцій. Процес аналітичної ієрархії – один із найкорисніших багатокритеріальних методів прийняття рішень.

Особи, що використовують метод аналітичної ієрархії (МАІ), для початку розкладають свою проблему для прийняття рішення на ієрархічну таблицю на легших у сприйнятті підпроблем, кожна з яких може незалежно проаналізовуватися. Згодом, як ієрархія побудована, персони, що приймають складне рішення, систематично оцінюють різні її сегменти, порівнюючи їх парно один із одним, з погляду на їх вплив на сегмент над ними в ієрархії.

Сутність МАІ в тому, що при виконанні оцінок можна застосовувати й людські судження, а не тільки основну інформацію.

Метод аналізу ієрархій перетворює оцінки на числові значення, які вже можна обробити та порівняти впродовж усієї проблеми. Числова вага або пріоритет виводяться для кожного сегменту ієрархії, що надає змогу порівнювати між собою зовсім різні та часто неспівставні сегменти раціональним та послідовним способом. Ця можливість і відрізняє МАІ з поміж інших методів прийняття складних рішень.

На кінцевому етапі процесу обчислюються числові пріоритети для кожної з альтернативних рішень. Дані цифри відображають відносну здатність альтернативи досягнути поставленої цілі прийняття рішення. Тому вони дають можливість прямо розглянути різні напрямки дій.

В медицині МАІ має особливе застосування, що підтверджується багаточисельними дослідженнями, опитуваннями та науковими роботами, статтями у відомих міжнародних наукових

журналах.

MAI забезпечує засіб явного включення переваг та ризиків лікування та поєднує важливість відмінностей у пріоритетах результатів лікування. На відміну від стандартних процесів прийняття рішень, у яких важливість кожного компонента рішення не чітко виражена, MAI забезпечує прозорий процес прийняття рішень, у якому зацікавлені сторони можуть зрозуміти та продемонструвати основи своїх рішень.

Розроблено Утрехтський метод, в якому обговорення часто починаються з питань, що спрямовують дії, наприклад «що я повинен робити?», що нарешті призведе до конкретних порад. Рішення виправдовуються через професійні або етичні рішення, які вимагають прозорості. Метод враховує різні нормативні точки зору, яких медичні працівники, а також пацієнти можуть дотримуватись на практиці, які можуть бути враховані під час обговорення.

MAI добре застосовується та має позитивні результати оскільки він дозволяє простежити наявні альтернативи та в умовах невизначеності вибрати найбільш перспективні методи, які необхідно використовувати на цей час. Однак в процесі прийняття любых рішень завжди існує елемент суб'єктивності, який зв'язане з людським фактором і тому використання методу аналізу ієрархій дозволяє зробити процес прийняття рішення абсолютно прозорим. Універсальність базового методу аналізу ієрархій та можливість комбінувати його з іншими методами аналізу надає ще кращі результати у прийнятті «правильних» важливих рішень та максимум виключення небезпечних факторів при прийнятті рішень у медичній галузі.

Утрехтський метод і MAI можна комбінувати та використовувати для полегшення спільного рішення в практиці альтернативної медицини.

УДК 614.88

С. А. Чеховський, канд. техн. наук, професор

М. М. Чуйко, канд. техн. наук, доцент

Л. А. Витвицька, канд. техн. наук, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ОСОБЛИВОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ЗМОЧУВАННЯ КРОВ'Ю ШТУЧНИХ СУДИН ТА СТЕНТІВ

Широке використання в медицині процесу переливання крові, застосування штучних судин, розширювачів судин, тобто стентів зумовлює необхідність контролю цих процесів, оскільки це визначає здоров'я, а часом, і життя людини. Нами [1] проаналізовано ці процеси на предмет їх метрологічного забезпечення і показано, що найбільш доцільно контролювати перебіг вказаних процесів за вимірним значенням крайового кута змочування при натіканні і відтіканні крові з досліджуваної поверхні.

Однією з основних властивостей крові, яка складається з рідкої частини (плазми) і формених елементів (еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів та ін.), є її здатність згортатися або згущуватися. Крім біохімічних і гематологічних змін крові при її контакті з твердою поверхнею великого значення набувають змочування і розтікання поверхнею твердого тіла. Тому змочування необхідно враховувати при створенні і використанні імплантів та стентів кровоносних судин, при виборі матеріалів елементів конструкцій матеріалів, з якими контактує кров. Таким чином, контроль змочуваності кров'ю поверхонь штучних судин та стентів характеризується багатьма параметрами, вимірювання яких є досить складною задачею, а їх вплив на кінцевий результат вимірювання на даний момент не досліджений у повній мірі.

Метою даної роботи є метрологічний аналіз можливості використання методів та пристроїв контролю змочуваності кров'ю поверхні судин на предмет оцінки їх точності та можливості використання в медичній практиці для проведення експрес-контролю, що є особливо актуальним в екстрених випадках.

В цьому випадку найбільш доцільним є застосування методу, який полягає у вимірюванні крайового кута змочування кров'ю при її розтіканні по нахиленій пластині з матеріалу, з якого

виготовлені штучні судини чи стенти. Досліджувана кров конкретного пацієнта крапельно наноситься на поверхню пластини і вимірюється час згортання крові і крайовий кут змочування. Пропонується вимірювання кута електростатичним методом, який полягає у визначенні зміни у часі ємності конденсатора, між обкладками якого знаходиться досліджувана кров, яка розтікається по пластині, при цьому змінюється діелектрична проникність середовища між обкладками, а значить, і ємність [2]. Оскільки це є опосередкований контроль, то виникає необхідність розроблення математичної моделі процесу вимірювання з врахуванням факторів впливу, які зумовлені властивостями крові конкретної групи і конкретного складу.

Проведені нами дослідження підтвердили доцільність такого підходу, що дозволяє зробити висновок про перспективність вказаного підходу. Дослідження були проведені на основі детального аналізу публікацій, пов'язаних з лабораторними аналізами крові в галузі гематології, з технологією та обладнанням проведення гемодіалізу (штучної нирки), а також з технологією виготовлення та контролю якості стентів, але метрологічний аспект в цих публікаціях практично відсутній. Тому нами прийнято рішення в подальшому конкретизувати дослідження в метрологічному напрямку.

Список використаних джерел:

1. Чеховський С. А., Витвицька Л. А., Чуйко М. М. Особливості оцінювання невизначеності вимірювання крайового кута змочування кров'ю штучних судин/ Тези 18-ого Міжнародного н/т семінару “Невизначеність вимірювань: наукові, прикладні, нормативні та методичні аспекти” (UM-2021), Харків, 13-14 грудня 2021 р.

2. Чуйко М. М., Витвицька Л. А., Витвицький З. Я., Лаврук Х. З., Бережницький Б.С. Контроль змочувальних властивостей поверхонь штучних судин// Методи та прилади контролю якості. м. Івано-Франківськ, №2 (43). 2019., С.25-31

**Секція 5. РОЗВИТОК ТА ПЕРСПЕКТИВИ
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
КОМПЛЕКСІВ, РОБОТИЗОВАНИХ
СИСТЕМ, ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ В МАШИНОБУДІВНІЙ,
ПРИЛАДОБУДІВНІЙ, ПАКУВАЛЬНІЙ І
ХАРЧОВІЙ ГАЛУЗЯХ**

**Section 5. DEVELOPMENT AND
PROSPECTS OF DESIGN OF
TECHNOLOGICAL COMPLEXES,
ROBOTIC SYSTEMS, THEIR
FUNCTIONAL ELEMENTS IN MACHINE-
BUILDING**

UDC 676.84.05; 62-589

A. B. Kolomiets, PhD, associate professor

A. I. Shustykevych, PhD, associate professor

M. M. Burda, student

Ukrainian Academy of Printing (L'viv)

IMPROVING THE FEEDER OF CARDBOARD BLANKS BY PROGRAMMING OF PUSHERS' MOVEMENT

Operating equipment for the production of cardboard containers from flat blanks has become widespread. It performs the following operations: one-piece removal of cardboard blanks from the store, its movement to the processing area, the formation of a volumetric structure of trays or boxes and transportation of finished products.

Feeders of such equipment are productive, but has some disadvantages. The use of pneumatic drive is not always economically justified, it is also difficult to ensure the coordinated movement of semi-finished products. Combined lever mechanisms for horizontal movement of scans [1], in which the movement of flat semi-finished products from the store is carried out by a pusher, are material-intensive due to the presence of oscillating links of significant size. Improving the drive by introducing means of motion correction [2] allows to reduce the dimensions without significant gains in energy performance.

The task of improving the feeder of cardboard blanks was to create both high-performance and reliable in operation device. The device must be equipped with means for moving the cardboard blank from the store to the processing area according to the technology-based law of motion and with a periodic pause according to the cyclogram of the machine.

Few structural schemes of the device have been proposed. Common to them is a pair of pushers mounted on belts or chains that moves synchronously in the horizontal plane. The pushers gives a linear horizontal movement of the cardboard blank along the table at the same time. Due to the fact that belts have installed 2...4 pairs of pushers, it becomes possible to refuse the reversing motion, thus to reduce the magnitude of the moment of inertia.

The device works in such a way. The outside flat cardboard blank is separated from the stack and served on the table with vacuum suction cups. Further horizontal movement of the cardboard blank along the

table to the area of its further processing is carried out by one of the designed devices.

The movement of the pushers is transmitted from the crank, which rotates at a constant speed on the main shaft. A rocker stone or a roller fixed to the crank. The slot of the rocker arm can be programmable curved, so the angular velocity of the driven rocker or crank is adjusted to the slot's shape. During the backstage cycle, there are areas of pause, acceleration, constant speed and deceleration.

The transformed rotational motion of the driven rocker arm is transmitted through two pairs of bevel gears to the vertical shafts and the drive pulleys installed at their upper ends. These pulleys periodically move the toothed belts together with the pushers attached to them so that one pair of pushers stops synchronously at the trailing edge of the flat blank, then moves the latter at a constant linear speed across the table to the machining area.

In another solution, it is proposed to use a combined lever-cam mechanism to provide programmed movement to the pushers. The transformation of the movement is controlled by a fixed cam mounted on the skeleton of the cartooning or forming machine.

You can use an "electronic cam" to drive vertical belt shafts from an actuator or servo motor with programmable motion. The cost of the device will increase, but simplifies the mechanism and improves its reliability.

Improved kinematic schemes and design of mechanisms have been developed. The methods of their synthesis and calculation were chosen, based on which programs and sketch projects were created.

References:

1. Khvedchyn Yu. Postpress equipment. Part 2. Binding equipment. Textbook. – L'viv: UAD, 2007. Pp. 180-181.
2. Device for moving flat semi-finished products. Pat. №119682 (Ukraine). – claim. 06.06.2017, №a201705582, publ. bul. №14, 25.07.2019.

УДК 621.225

А. Р. Апаракін, канд. техн. наук, асистент;

М. М. Підгасцький, канд. техн. наук, доцент

Центральноукраїнський національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ ПРОЕКТУВАННЯ ШЕСТЕРЕННИХ ГІДРАВЛІЧНИХ МАШИН ЗА ДОПОМОГОЮ МОДУЛЬНО- ПАРАМЕТРИЧНОГО ПРИНЦИПУ ПОБУДОВИ

Існуюча система створення проектів гідравлічних машин шестеренного типу та їх реалізація недостатньо досконала по ряду причин, зокрема:

- відсутність достатнього рівня уніфікації;
- не дотримані вимоги по створенню виробництва та зберігання, на яке б не впливали миттєві коливання ринкових потреб;
- деякі недосконалі конструктивні рішення, які не враховують вимоги:
 - навантажень деталей при термічній обробці;
 - можливостей точної механічної обробки.

Ця система не може бути ефективною в умовах крупносерійного виробництва. Існуюча система побудована на стихійному відтворенні аналогів відомих виробників. Але при цьому не враховується те, що кожна фірма розробляє проект, який враховував би власні потреби і не перетинався з конкурентами. Внаслідок чого однакові функційно машини мають суттєві відмінні ознаки.

Таке повторення проектів в рамках єдиного виробника може привести до економічної кризи, внаслідок не можливості відтворення економічних показників при малих партіях, і не можливості створення попередніх запасів.

Одним із виходів в цій складній ситуації може бути застосування кардинальних принципів уніфікації гідравлічних машин. Такі принципи передбачають максимальну диференціацію перемінних складових деталей та вузлів, та створення базових об'єктів з постійною складовою структурою.

Основу цього принципу складає механізм відокремлення складних і трудомістких елементів від відносно простих та менш трудомістких. Принцип передбачає можливість за рахунок гнучкої конструктивної схеми створити гнучке виробництво гідравлічних

машин. Одночасно з цим необхідно забезпечити дотримання функційних показників на досягнутому рівні, або навіть забезпечити їх покращення.

Це можливо здійснити лише за допомогою глибинного аналізу конструктивної схеми гідравлічної машини на базі теорії «надлишкових зв'язків», та інших теорій.

Гідравлічна машина працює таким чином, що потік рідини, який всмоктується, поділяється шестернями на два незалежних потоки. Після об'єднання, загальний потік отримує залежність від двох факторів: зовнішнього опору гідравлічної системи та внутрішньої герметичності.

При цьому шестерні, які утворюють два потоки в традиційних конструктивних схемах мають не адекватне навантаження, внаслідок чого вони можуть знаходитись в різних просторових положеннях в процесі функціонування, тому вони можуть мати різну ступінь торцевої та периферійної герметичності.

Метою пропонованого дослідження є врівноваження навантаження на обох шестернях за рахунок вилучення «надлишкових зв'язків». Вилучення «надлишкових зв'язків» в схемі шестеренної гідромашини створить ефект силової адаптації ведучої шестерні відповідно до адаптації веденої, що впливає на покращення вихідних показників виробу.

Список використаних джерел:

1. Е.М.Юдин. Шестеренные насосы. Основные параметры и их расчет, Москва: Издательство "Машиностроение", 1964 год.
2. Шестеренные насосы для металлорежущих станков. Е.А. Рыбкин, А.А. Усов. М.: Машгиз, 1960., 187 с.
3. Белецкий Д.Г. Технология насосостроения. Москва: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1956 год.

УДК 621.98.044:62-529

Є. В. Басова, канд. техн. наук, доцент,

С. С. Добротворський, докт. техн. наук, професор,

Д. В. Трубін, аспірант,

С. М. Кононенко, мол. наук. співробітник,

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ
ОТРИМАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ
ВИСОКОШВИДКІСНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗМІННОЇ
ЖОРСТКОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СКІНЧЕНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ ТА WEB ТЕХНОЛОГІЙ**

Особливу складність сьогодні являє собою механічна обробка деталей зі змінною нерівномірною жорсткістю (лопатки вісьових та відцентрових моноколів, імпелери, та ін.). Найбільш сучасним методом обробки таких деталей є високошвидкісна обробка фрезеруванням, яка сприяє підвищенню якості та точності оброблюваної поверхні та реалізації принципу оптимальної обробки з першого разу. В умовах розвитку одиничного і дрібносерійного виробництв, малих та середніх підприємств, завдання забезпечення високої якості і точності виготовлення машинобудівної продукції вирішується за рахунок використання сучасних високошвидкісних багатокординатних оброблювальних центрів (ОЦ), на яких деталь проходить повний цикл обробки. Особливий науковий і виробничий інтерес представляє область якісної обробки поверхонь деталей зі змінною жорсткістю на обробних центрах із заміною фінішних операцій шліфування високошвидкісним фрезеруванням (ВШФ) для подальшого забезпечення експлуатаційних характеристик деталей. Основними бар'єрами процесу формоутворення елементів деталей малої жорсткості є складність прогнозування і запобігання виникаючих відхилень. Найбільшими чинниками відхилень є: складові сили різання та їх вплив на поверхню, зростаючі коливання, висока температура в зоні обробки. Для обробки деталей з нерівномірною жорсткістю актуальним є питання визначення оптимальної стратегії обробки та критеріальний вибір режимів різання. Складність геометричної форми оброблюваної деталі, а також наявність тонкостінних елементів з малою жорсткістю вимагає

більш детального інженерного аналізу для зменшення наслідків від негативних чинників процесу різання. Мета дослідження – розробка вільного програмного забезпечення для розрахунку оптимальних параметрів різання та моделювання процесів високошвидкісного фрезерування методом скінчених елементів при обробці деталей зі змінною жорсткістю. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішується питання врахування жорсткості деталі та критичних точок її зміни відповідно до прикладених навантажень в процесі різання у поточний момент часу. Було розглянуто дві схеми базування виробів. Консольна та яка має дві опори. У якості деталей розглядалися турбінні лопатки консольної конструкції та лопатки, які мають бандажну полку. В результаті роботи було створено WEB-додаток з відкритим вихідним кодом на основі Java-WEB технологій, який використовувався для оперативного визначення параметрів фрезерування. Dodatok було розміщено на сайту JavaMach-кластеру НТУ «ХПІ». Він є у вільному доступі для будь яких користувачів. Моделювання процесів при обробленні виконано методом скінчених елементів у комп'ютерних програмах SolidWorks, Ansys, Abaqus, які дозволили знаходити як пружно-деформований стан при різних навантаженнях, так і дослідити спектри власних та вимушених коливань. Отримані результати моделювання порівнювалися з результатами розрахунків по створеному програмному продукту. Результати отриманих досліджень показують, що розроблене програмне забезпечення є достатнім для оперативного отримання раціональних параметрів оброблення. Для оптимізації процесів оброблення необхідно проводити моделювання методом скінчених елементів. Відзначено, що інтеграція різних комп'ютерних систем і програм забезпечує більш надійні результати для промисловості.

УДК 667.64:678.026

¹**М. В. Браїло**, к.т.н., доцент кафедри транспортних технологій та механічної інженерії

²**С. В. Якушенко**, PhD, доцент кафедри судноводіння

³**А. В. Сапронова**, PhD, науковий співробітник кафедри транспортних технологій та механічної інженерії

⁴**К. Ю. Юренін**, аспірант кафедри транспортних технологій та механічної інженерії

⁵**І. Клементьєв**, здобувач вищої освіти інженерно-хімічного факультету

⁶**Є. Агеєнко**, м.н.с. кафедри транспортних технологій та механічної інженерії

^{1, 2, 3, 4, 6}*Херсонська державна морська академія*

⁵*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЕПОКСИДНІЙ ОСНОВІ

На сьогодні важливим є забезпечення функціональних характеристик і захист металевих конструкцій та споруд, у тому числі і підводних, що працюють в умовах впливу гідроабразивного середовища. З метою підвищення зносостійкості та відповідно збільшення міжремонтного періоду експлуатації обладнання в умовах впливу гідроабразивних середовищ актуальним є застосування захисних покриттів на основі полімерних смол. Перспективним в даному напрямку є використання наповнених багатокомпонентних полімерних матеріалів.

У роботі досліджено гідроабразивну зносостійкість попередньо розроблених композитів на основі епоксидної смоли ЕД-20 (ГОСТ 10587-84) з додаванням поліефірної смоли Norsodyne O 12335 AL (ПС). У вигляді основного наповнювача використовували окиснену нанодисперсну добавку (ОНД) з дисперсністю $d = 5 \dots 8$ нм. та дискретне вуглецеве волокно (ВВ) (розміри $d = 6 \dots 8$ мкм, $l = 0,5 \dots 1,5$ мм). Випробовували чотири варіанти КМ: матриця – ЕД-20 (100 мас.ч.) + ПС (20 мас.ч.) + ПЕПА (10 мас.ч.) + Butanox-M50 (1,0 мас.ч.); КП1 – ОНД (0,075 мас.ч.) + ВВ (0,100 мас.ч.); КП2 – ОНД (0,050 мас.ч.) + ВВ (0,150 мас.ч.); КП3 – ОНД (0,075 мас.ч.) + ВВ (0,050 мас.ч.).

Випробування проводили при подачі гідроабразивної суміші під кутом $\beta = 75^\circ$. При аналізі результатів дослідження встановлено підвищення опору розроблених матеріалів гідроабразивному зношуванню при введенні наповнювачів в епокси-поліефірний зв'язувач. Максимальна інтенсивність зношування характерна для епокси-поліефірної матриці (КП1) – $I = 0,75\%$. Водночас, композитний матеріал КП2, із вмістом часток вуглецевих волокон (0,10 мас.ч.) і ОНД (0,075 мас.ч.), має значно більшу стійкість до дії гідроабразиву, ніж ненаповнена епокси-поліефірна матриця. Інтенсивність зношування КП2 становить $I = 0,17\%$. При цьому після випробування матеріалів встановлено незначне мікрорізання поверхні. Відсутність слідів вибивання абразивною сумішшю, свідчить про зміну структури полімеру (перехід з крихкого стану у в'язкий), а отже, і високий ступінь зшивання таких матеріалів.

Водночас, інтенсивність зношування покриттів КП3 і КП4 на 55...65% ($I = 0,29...0,41$) є меншою порівняно із епокси-поліефірною матрицею, що свідчить також про достатню зносостійкість матеріалів в умовах впливу гідроабразивного середовища. Отже, розроблені матеріали КП3 і КП4, можливо використовувати при впливі гідроабразивної суміші з кутом атаки $\beta = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$, де дотичні складові імпульсу й опір матеріалу впливу дотичних сил на поверхню є значно меншими. Встановлено, що найбільшими показниками зносостійкості характеризуються покриття КП2 зі вмістом вуглецевих волокон (0,10 мас.ч.) і часток ОНД (0,075 мас.ч.). Інтенсивність зношування такого покриття в умовах впливу гідроабразивної суміші за визначеного кута атаки – $\beta = 75^\circ$ становить $I = 0,17\%$. Додатково визначено, що інтенсивність зношування матеріалів КП3 і КП4 є меншою, порівняно із епокси-поліефірною матрицею, на 55...65% ($I = 0,29...0,41$).

УДК 667.64:678.026

А. В. Букетов, докт. техн. наук, професор**М. П. Данильченко**, аспірант**К. А. Бабій**, аспірант**Т. Г. Пуськова**, мол. наук. співробітник*Херсонська державна морська академія*

ОПТИМІЗАЦІЯ ІНГРЕДІЄНТІВ МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІМЕРНОГО ЕПОКСИКОМПОЗИТУ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Широке застосування при проектуванні захисних полімерних композитних покриттів різного функціонального призначення має метод математичного планування експерименту. Для проведення статистичної обробки результатів експериментів використовували прикладний пакет STATGRAPHICS® Centurion XVI. На підставі проведених досліджень фізико-механічних і теплофізичних властивостей композитних матеріалів (КМ), що містять три зазначені компоненти різної зернистості і фізичної природи, оптимізували вміст кожної з них. Вихідні дані для статистичної обробки властивостей КМ, що складається з епоксидно-діанової смоли ЕД-20 (100 мас.ч.), модифікованої бензен-1,3-діаміном і наповненої частками ультрадисперсного алмазу та карбонату нікелю, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для статистичної обробки
результатів дослідження властивостей КМ

Рівень варіювання	Змінні фактори		
	Вміст бензен-1,3- діаміну, q_1 , мас.ч.	Вміст ультрадисперсного алмазу, q_2 , мас.ч.	Вміст карбонату нікелю, q_3 , мас.ч.
Верхній рівень	1,75	0,10	17,0
Нижній рівень	0,25	0,05	3,0

Математичні моделі фізико-механічних і теплофізичних властивостей КМ наведено в табл. 2.

У результаті проведеної оптимізації для КМ отримали максимальне значення узагальненої бажаності $D_{opt} = 0,679$ (за шкалою бажаності відповідає допустимому доброму рівню якості) при якому вміст наповнювачів є наступним:

- $q_1 = 0,25$ мас.ч. – вміст бензен-1,3-діаміну;
 $q_2 = 0,05$ мас.ч. – вміст ультрадисперсного алмазу;
 $q_3 = 3,01$ мас.ч. – вміст карбонату нікелю.

Таблиця 2 – Математичні моделі фізико-механічних і теплофізичних властивостей КМ

Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації R^2 , %	Уточнений коефіцієнт детермінації R^2_{adj} , %
$E = 5,12 - 0,583q_1^2 - 189,2q_2^2 + 0,00242q_3^2$	94,7	86,2
$W = 12,61 - 0,697q_3 - 1,099q_1^2 + 0,105q_1q_3 + 0,0186q_3^2$	87,8	72,4
$T = 358,4 + 14,0q_1 - 1,509q_3 - 4,96q_1^2$	96,5	92,3
$\alpha = 4,945 + 52,7q_2 - 220,4q_2^2 - 0,00563q_3^2$	92,2	88,6

При вказаному вмісті наповнювачів в КМ значення відгуків складають:

$E = 4,7$ ГПа – модуль пружності при згинанні;

$W = 10,5$ кДж/м² – ударна в'язкість;

$T = 363$ К – теплостійкість (за Мартенсом);

$\alpha = 2,3 \times 10^{-5}$, К⁻¹ – термічний коефіцієнт лінійного розширення.

Якщо порівняти отримані в результаті оптимізації значення із даними, отриманими для кожного з інгредієнтів при їх введенні у КМ незалежно, можна стверджувати, що відносна похибка становитиме: для модуля пружності при згинанні – 4,71 %; для ударної в'язкості – 3,77 %; для теплостійкості (за Мартенсом) – 1,92 %; для термічного коефіцієнту лінійного розширення – 3,59 %. Це свідчить про достатню адекватність отриманих моделей і узгодження їх з результатами оптимізації за критерієм бажаності.

Отже, у роботі розроблено епоксидні композитні покриття для підвищення експлуатаційно-ремонтних характеристик технологічного устаткування водного транспорту.

ВПЛИВ ЗУСИЛЛЯ ЗАТИСКАННЯ ЗАГОТОВКИ НА ПОХИБКУ ОБРОБКИ

Переважна більшість деталей, що механічно обробляються на токарних верстатах-автоматах мають циліндричну або кільцеву поверхню. До них належать і кільця підшипників. В результаті обробки таких деталей виникають похибки, що встановлюються тільки після закінчення процесу обробки і вимірювання параметрів деталі [2]. Серед них, зокрема похибка затиску заготовки, що у значній мірі залежить від токарного патрона.

Патрони для закріплення і обробки нежорстких деталей виготовляються із затискними елементами точно за діаметром затиску і мають системи розподілу зусиль між кулачками [2]. Під час вибору будь-якої конструкції затискного патрону необхідно вирішити задачу знаходження розподілених навантажень та величини переміщень окремих точок вибраної конструкції, як для статичного зовнішнього, так і змінних навантажень.

Дослідження виконувалися з метою вибору найбільш раціонального варіанта конструкції кулачкового патрона, що забезпечує мінімальну деформацію оброблюваної деталі, і достатнє центрування для затиску за зовнішньою поверхнею. Для експерименту використовувалися деталі з заданою округлістю зовнішнього діаметру 0,27 мм; токарний шестикулачковий патрон та шестикулачковий патрон із змінними плаваючими кулачками. Тонкостінна заготовка встановлювалася в патрон і затискала з осьовим зусиллям $P_0=25000$ Н. З боку задньої бабки токарного верстата 1Б265НП-6К через динамометр ДС-10 заготовка навантажувалася осьовим зусиллям, відповідно 50, 100, 200, 300, 400Н. Індикатором, встановленим на напрямних верстата, замірялося радіальне биття внутрішнього діаметра ($\Delta r=0,13$ мм). Після кожного затиску заготовка проточувалася ($t=0,5$ мм, $n=378$ мм/об). Після проточки вимірювалась огранка заготовки в 12-ти точках по зовнішньому діаметру.

Для підвищення точності кільцевих деталей під час обробки на токарних автоматах запропоновано використовувати змінні плаваючі кулачки в конструкції затискного патрона. Оскільки

стабільність центрування в даному патроні висока, розсіювання складає $\delta R=0,05$ мм. Максимальне відтискання заготовки від упорів складає $0,06...0,07$ мм. Некруглість обробленої поверхні в заготовок з овальністю (від $0,07$ до $0,13$ мм) складає $\Delta R=0,08...0,12$ мм для товщини стінки $6...8$ мм. Овальність обробленої поверхні залежить від зусилля затиску на кулачках патрона. Це визначається тим, що за менших зусиль затиску зменшуються сили тертя, через які кулачки переміщуються по різному і виникає деформація поверхні деталі. У зв'язку з цим рекомендується вести обробку із мінімальними допустимим зусиллям затиску заготовки. В разі точіння внутрішньої поверхні з глибиною різання $t=3$ мм огранки на деталях не виявлено. Точність форми, що досягається під час обробки, у плаваючому патроні вище, ніж у звичайному патроні.

Список використаних джерел:

1. Петріков А.В., Іванов О.О. Види і причини похибок при механічній обробці деталей, а також методи їх усунення [Електронний ресурс] - А.В. Петріков, О.О. Іванов // Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development '2012. – 2-12 October 2012. – Режим доступу: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/oct-2012>. – Назва екрану.
2. Кузнецов Ю.Н. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: монография (в 2-х частях) / Ю.Н. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. Эль-Дахай — К.: ООО «ГНОЗИС». — Ч.1, 2009. — 270 с.; Ч. 2, 2010. — 466 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНКУ АКТЮАТОРІВ ДИСКРЕТНОЇ ДІЇ

В даний час мікроелектромеханічні системи (МЕМС) набули широкого поширення в техніці. Вони використовуються в автомобілебудуванні, авіакосмічній промисловості, енергетиці, хімії, фармакології, медицині. Для інноваційно-технологічного розвитку України роботи в області МЕМС є дуже значущими.

Створення ЕОМ у другій половині ХХ століття вплинуло тільки на підсистему аналізу і прийняття рішень, забезпечивши для неї уніфікацію апаратурних рішень. Відносно відставання у методах створення вимірювальної і виконавчої підсистем є перешкодою на шляху подальшого вдосконалення МЕМС. Таким чином, створення методики розрахунку і проектування актюаторної компоненти МЕМС є актуальним завданням.

Залежно від виду перетворюваної енергії вибирають різні типи актюаторів: п'єзоелектричні, електромагнітні, електростатичні, біметалеві, термо-пневматичні, з ефектом пам'яті форми. Деформація біметалевих актюаторів обумовлена біметалевим ефектом. Їх область застосування різноманітна і включає в себе: термомеханічні перемикачі, реле, запобіжники, мікродзеркала, мікрозахвати, мікроперемикачі і маніпулятори тощо.

До багатьох чутливих елементів сучасних технічних виробів пред'являються вимоги дискретного спрацьовування при монотонно змінному зовнішньому впливі. Добре відомі біметалеві актюатори куполоподібної форми, які змінюють напрямок кривизни на зворотний, проклачуючи при досягненні критичної температури. Незважаючи на простоту виготовлення, такі актюатори мають і ряд недоліків: нестабільна температура спрацьовування, обмежена величина реалізованих переміщень.

Термобіметалеві актюатори дискретної дії є відповідальними елементами цих пристроїв, так як від їх роботи залежить функціонування всієї системи. Термобіметалеві елементи деформуються нелінійно, проклачуючи при досягненні критичної температури. Найбільшого поширення отримали біметалічні актюатори в формі ламелі, пластинки, диску з отвором в центрі

або без нього.

При аналізі актюаторів визначається їхня робоча характеристика, тобто залежність між величиною, що характеризує зміну геометричної форми і температурою навколишнього середовища. Завдання аналізу біметалічного актюатора дискретного дії полягає у визначенні його пружної характеристики, тобто залежності між переміщенням характерної точки і зміною температури T , при відомих конструктивних параметрах. Особливістю даної характеристики є стрибкоподібна зміна форми елемента при досягненні критичної температури T_1^{kp} . При цьому нова робоча точка потрапляє на верхню стабільну частину характеристики і при охолодженні до критичної температури T_2^{kp} реалізується зворотний перескок.

Створено параметричні моделі багатопараметричних актюаторів і актюаторів складної форми, за допомогою яких була вирішена задача синтезу для визначення раціональних параметрів актюаторів електротехнічних пристроїв. Підготовлені рекомендації з проектування існуючих конструкцій актюаторів, що дозволяє істотно підвищити його експлуатаційні якості.

Список використаних джерел:

1. Денисюк В.Ю., Симонюк В.П., Лапченко Ю.С., Тимошук А.А., Черняк С.О. Аналіз систем мікропереміщень для маніпулювання мініатюрними об'єктами / Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Теоретичні і експериментальні дослідження в сучасних технологіях матеріалознавства та машинобудування» м. Луцьк, Україна 25 – 28 травня 2021 року. – Луцьк: Луцький НТУ, 2021. – С. 25–27.

2. Мандзюк В.І., Когут І.Т. Фізико-технологічні основи мікросистемної техніки. Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Нова зоря, 2008. – 154 с.

УДК 539.3

М. М. Заїка, технічний директор

ТОВ «ВО «Ковельсільмаш»

В. Д. Рудь, доктор техн. наук, професор

Л. М. Самчук, канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ НА ШТАМП ПРИ ПЛАСТИЧНОМУ ДЕФОРМУВАННІ

Питання про визначення тиску на штамп, що розташований на пружній основі, зводиться до розв'язання контактних задач теорії пружності. Однак, аналітичні розв'язання є лише для штампів порівняно простої форми в плані (коло, кільце, еліпс). Тому для визначення тиску під штампами довільної форми існують різні наближені методи.

Мета роботи – розробити програмно-апаратний комплекс для фізичного моделювання та експериментального дослідження процесів штампування складних профілів.

Вертикальне переміщення δ штампа із плоскою основою, що має в плані форму S , визначається за формулою [1,2]:

$$\delta \equiv \frac{1 - \mu^2}{\pi \cdot E} \iint_S \frac{p(\xi \cdot \eta) d\xi d\eta}{\sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}} \quad (1)$$

де μ — коефіцієнт Пуассона;

E — модуль пружності першого роду;

ξ, η — змінні інтегрування;

$p(x, y)$ — реактивний тиск під штампом;

(x, y) — координати точки, в якій визначається переміщення.

Задачу про визначення тиску під штампом можна замінити задачею про розподіл заряду на поверхні струмопровідної пластини, що має форму основи штампа в плані. На подібності інтегральних рівнянь ґрунтується спосіб визначення тиску під штампом за допомогою електричного моделювання [1]. Потенціал у струмопровідної пластини, що має форму S і віддаленої від поверхні, визначається залежністю:

$$\psi = \frac{1}{4\pi K_0 \varepsilon} \iint_S \frac{q(\xi \cdot \eta) d\xi d\eta}{\sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}} \quad (2)$$

де K_0 — діелектрична постійна;

ε — діелектричний коефіцієнт середовища;

$q(x,y)$ — розподіл заряду по пластині.

Однак, спроби теоретично розв'язати цю задачу за допомогою електростатичного поля не дали стабільних і точних результатів. Розв'язок просторової задачі електростатики вдалося отримати за допомогою спеціального електромодельовального пристрою, дія якого ґрунтується на використанні квазістаціонарного електростатичного поля. Конфігурації квазістаціонарного та електричного полів за аналогічних граничних умов практично збігаються. Дана установка дозволяє в автоматичному режимі керувати переміщенням і проводити зняття показів у будь якій точці на поверхні пластини.

Список використаних джерел:

1. Алексеенко С.Ф., Виноградская А.В. Метод электрического моделирования. / Материалы международной научно-практической конференции «Наука и образование в Украине: актуальные проблемы». – К.: НТУУ КПИ, 2006. – С. 32-35.

2. Шишканова Г.А. Використання розвинення потенціалу простого шару при математичному моделюванні контактної взаємодії // Вісн. Зап. держ. ун-ту. Фіз.-мат. науки. Біол. науки. – 2003. – №1. – С. 94-99.

МАТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАКОПИЧУВАЛЬНИХ СИСТЕМ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ КОМПЛЕКСІВ

У складних виробничих системах матеріальні потоки часто реалізуються з допомогою накопичувальних систем (НС). Вони виконують функції приймання, зберігання та видачі виробів, забезпечуючи безперервне функціонування потокової лінії протягом певного періоду часу.

Затверджені на стадії проектування структурно-компонувальні схеми НС мають суттєвий вплив на формування проектних рішень гнучких виробничих комплексів в цілому та значною мірою визначають ефективність їх функціонування. В даний час існує широке різноманіття НС, тож існує потреба у виявленні закономірності їх розвитку та вирішення на цій основі завдання пошукового прогнозування найбільш ефективної структури [1, 2].

Виконання цього завдання можливе за наявності відповідних математичних моделей, що задають структурну і функціональну організацію НС і розкривають їх основні системні характеристики – елементний склад і розподіл функцій між ними, ієрархічні рівні системи, місткість накопичувача, структуру розміщення комірок накопичувача, види координатних рухів робочих органів для переміщення їх в зону приймання та видачі виробів. Ці моделі повинні дозволяти в реальному часі імітувати поведінку НС як дискретної системи, бути зручними для сприйняття проектувальником, та виступати основою для направленої синтезу НС [3].

Переліченим вище вимогам значною мірою відповідають матричні математичні моделі [4]. Ці моделі являють собою сукупність матриць, пов'язаних між собою зв'язками, що відображають структурну та функціональну організацію НС. Моделювання поведінки НС зводиться до виконання операцій над матрицями моделі за правилами матричного аналізу.

Компонентами математичних моделей НС є матриці E , C , M , P та оператор T . Матриця E виконує роль концептуальної моделі власне накопичувача виробів та характеризує його стан у будь-який момент часу. Число елементів матриці E визначає місткість

накопичувача. Матриця E містить інформацію про конструктивно-компонувальні характеристики накопичувача, включаючи й відомості про орієнтацію в просторі (горизонтальне або вертикальне) завантажувальної поверхні накопичувача. Поточний стан в процесі функціонування НС задається матрицею C . Матриці M та P є концептуальними приводами, що забезпечують дискретне переміщення комірки накопичувача. Оператор T виконує функції концептуального пристрою реверсу, тобто змінює напрямк робочого органу на протилежний. Множення матриць E і C на матриці M і P за правилами, що узгоджуються з правилами матричного аналізу, імітує направлене координатне переміщення робочого органу в процесі функціонування НС. Кожна конкретна матрична модель задає цілком визначену структурну та функціональну організацію НС.

Список використаних джерел:

1. Сергиенко И.В. Задачи дискретной оптимизации. Проблемы, методы решения, исследования: монография / И.В. Сергиенко, В.П. Шило. – К: Наук. думка, 2003.
2. Овчинников В.А. Математические модели объектов задач структурного синтеза / В.А. Овчинников // Наука и образование. – № 3. – 2009.
3. Дискретна математика: підручник / Ю.М. Бардачов, Н.А. Соколова, В.Є. Ходаков; За ред. В.Є. Ходакова. – [2-ге вид., переробл. і допов.] – К.: Вища шк., 2008. – 383 с.
4. Зайченко Ю.П. Исследование операций: Учебник. – 6 изд., перераб. и доп./ Ю.П. Зайченко. – К.: Издательский дом “Слово”, 2003. – 688 с.

УДК 621.798

Н. Т. Зубовецька, канд. техн. наук, доцент

Р. М. Полінкевич, канд. техн. наук, доцент

Р. Г. Редько, канд. техн. наук, доцент

Т. І. Четвержук, канд. техн. наук, доцент,

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРУ ЗАКРУЧУВАННЯ СРУЖКИ У ПРОЦЕСІ РОЗТОЧУВАННЯ НАВИВНИХ ЗАГОТОВОК

Гвинтові нежорсткі заготовки (ГНЗ) на сьогодні являються перспективним видом заготовок які застосовуються у різних галузях народного господарства. Але відповідна цінність ГНЗ з'являється за умови дотримання заданої технології їх виробництва.

У процесі розточування отворів з невеликим внутрішнім діаметром у гвинтових нежорстких заготовках із в'язких матеріалів, які утворюють виту стружку, спостерігається тертя стружки до обробленої поверхні і заклинювання її в отворі, тобто якість обробленої поверхні залежить від характеру закручування стружки. В такому випадку необхідно зменшити радіус R_3 завивання стружки для забезпечення умови $R_3 < R_0$, де R_0 – радіус оброблюваного отвору. Запропонована теорія уточняє відомі теорії із врахуванням специфіки процесу різання при розточуванні навивних заготовок [1].

Згідно рис. 1 маємо:

$$AC = \frac{a}{\operatorname{tg} \theta}; \quad AC = x \cdot \operatorname{tg} \theta$$

де a – товщина зрізаного шару; θ – кут сколювання; x – біжуча координата шляху різання.

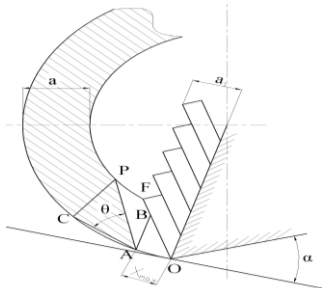


Рисунок 1 – Схема стружкоутворення

Згідно теорії різання [2, 3, 4] максимальне значення x при якому проходить сколення стружки записується виразом:

$$x_{\max} = a \frac{\tau_x \cos \theta}{\sin \theta (\tau_x + \sigma_x \operatorname{tg} \theta)}$$

де τ_x – межа міцності металу на різання

σ_x – межа міцності металу при стискуванні.

Для розточного різця з додатнім переднім кутом γ відносна поперечна деформація стиску ε_1 буде визначатися із врахуванням відносної поздовжньої залишкової деформації стиску матиме вигляд:

$$\varepsilon_1 = \mu \frac{\varepsilon}{\cos \gamma} = \frac{\mu}{\cos \gamma} \cdot \frac{1}{\frac{a}{x \cdot \operatorname{tg} \theta} + 1}$$

Далі отримаємо формулу для розрахунку радіуса завивання стружки розточного різця:

$$R_3 = \left(\frac{a}{x \cdot \operatorname{tg} \theta} + 1 \right) \cdot \left(\frac{\mu}{\cos \gamma} \cdot \frac{1}{\frac{a}{x \cdot \operatorname{tg} \theta} + 1} + 1 \right) - \frac{a_1}{2}$$

Розрахунок радіуса завивання стружки за отриманим виразом дає можливість підібрати параметри різця для розточування і забезпечити якісне формоутворення оброблюваного отвору у навінній заготовці.

Список використаних джерел:

1. Гнучкі гвинтові конвеєри: проектування, технологія виготовлення, експериментальні дослідження / Гевко І.Б., Лещук Р.Я., Гудь В.З., Дмитрів О.Р., Дубиняк Т.С., Навроцька Т.Д., Круглик О.А. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2019. – 208 с.
2. Задачі, методи та алгоритми оптимізації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / І. В. Бейко, П. М. Зінько, О. Г. Наконечний; Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. – 2-ге вид., переробл – К.: Київ. ун-т, 2012. – 799 с.
3. Войтюк Д.Г. Проектування гвинтоподібних ножів із кутом закручування 360° і рекомендації до їх виготовлення / Д.Г. Войтюк, С.О. Пилипака. – Вісник аграрної науки. – 1996. - Т. 10. С. 56-60.

УДК 608 (075.8)

Ю.М. Кузнєцов, докт. техн. наук, професор

Гао Сінмін, аспірант

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ ЛЕЩАТ ДЛЯ ЗАТИСКУ ОБ'ЄКТІВ НЕПРАВИЛЬНОЇ ФОРМИ

Широке розповсюдження на металорізальних верстатах, в механоскладальному виробництві і побуті мають лещата різних конструкцій, які в основному мають постійну структуру і один кінематичний ланцюг від приводу до затискних елементів – губок [1-3,8]. Наявність одного кінематичного ланцюга знижує коефіцієнт корисної дії (ККД) і потребує додаткових втрат енергії (при механізованому приводі) або мускульної роботи робочого (при ручному приводі) [4].

Про актуальність створення і застосування прогресивних конструкцій лещат свідчить той факт, що в теперішній час цим займаються багато фірм, серед яких, наприклад, «Микротех» (Україна), Allma (Франція), Röhm та Kabel Schlepp (Німеччина), Allen (Італія), BAUM (Індія), Matrix (Китай) та інші, які спеціалізуються на протязі багатьох років по розробці і виробництву технологічного оснащення різних видів.

З метою встановлення сучасного рівня техніки авторами був проведений патентний пошук згідно ДСТУ 3575-97 «Патентні дослідження. Основні положення і порядок проведення» по країнам США, Франції, Англії, Польщі, СРСР, Росії, Болгарії і України і знайдені оригінальні рішення.

Актуальним стає розробка нових універсальних лещат з перемінною структурою, яка має два і більше кінематичних ланцюгів [5], дає можливість суттєво розширити функціональні можливості (широкоуніверсальність, широкодіапазоність, адаптація до об'єкта будь-якої форми. Це полегшить працю людей при ремонтних роботах і в побутових умовах [9]. Дуже цікавими є фрактальні лещата з ручним приводом, що запатентовані в США ще в 1913р.

Для пошуку і прогнозування нових рішень лещат була розроблена морфологічна модель, яка з врахуванням конфіденціальності подана тільки у вигляді морфологічної

множини – повної морфологічна матриці (а не таблиці) [7] $M_{лщ} = M_{пз} \times M_{пт} \times M_{зе} \times M_{оз}$, де $M_{пз}$, $M_{зе}$, $M_{зе}$, $M_{оз}$ – відповідно матриці приводу затиску ПЗ (ознака 1), перетворювача ПТ (ознака 2), затискних елементів ЗЕ з знаками стану (3), виконання (4), виду рухомості (5), об'єкту затиску ОЗ з ознаками кількості (6) і форми (7).

$$M_{лщ} = \begin{pmatrix} 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \\ 1.4 \\ 1.5 \\ 1.6 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 2.1 \\ 2.2 \\ 2.3 \\ 2.4 \\ 2.5 \\ 2.6 \\ 2.7 \\ 2.8 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 3.1 & 4.1 & 5.1 \\ 3.2 & 4.2 & 5.2 \\ 3.3 & 4.3 & 5.3 \\ 3.4 & 4.4 & 5.4 \\ 3.5 & 4.5 & 5.5 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 6.1 & 7.1 \\ 6.2 & 7.2 \\ 6.3 & 7.3 \end{pmatrix}$$

Це дає загальну кількість варіантів рішення $N_{лщ} = 6 \times 8 \times 5 \times 6 \times 5 \times 3 \times 3 = 64800$. Для зменшення поля пошуку і зручного представлення моделі запропонована усічена матриця з суттєвим зменшенням варіантів рішення до $N^1_{лщ} = 2 \times 5 \times 2 \times 6 \times 3 \times 1 \times 2 = 720$

$$M^1_{лщ} = \begin{pmatrix} 1.1 \\ 1.2 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 2.1 \\ 2.2 \\ 2.3 \\ 2.4 \\ 2.5 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 3.1 & 4.1 & 5.1 \\ 3.2 & 4.2 & 5.2 \\ 3.2 & 4.4 & 5.3 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 6.1 \\ 6.1 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 7.1 \\ 7.2 \end{pmatrix}$$

На кафедрі конструювання машин КПІ ім. Ігоря Сікорського для пошуку оригінальних рішень розглядаються передумови використання системно-морфологічного підходу, теорії фракталів (патент USA No 1059545 “Device for obtaining intimate Contact with, engaging, or clamping bodies of any shape” /Paulin Karl Kunze. Applied field March 21,1912. Serial No. 685,288. Patented Apr.22,1913) [10], гумової геометрії (топології) для різних станів затискних губок лещат, а також принципи моделювання і опису лещат на різних рівнях генетичної інформації.

До попередніх висновків виконаних досліджень відносяться наступні: 1) слюсарні і машинні лещата з одним кінематичним ланцюгом широко використовуються в механоскладальному виробництві і побуті, але їх функціональні можливості обмежені тим, що переважна більшість пристосована для затиску циліндричних предметів (деталей) і предметів з плоскопаралельними сторонами; 2) в механоскладальному виробництві, побуті і при виконанні ремонтних робіт в аграрно-промисловому комплексі стає питання затиску предметів сферичних, клинових, конусних і неправильної форми; 3) над створенням таких лещат працюють різні фахівці і фірми, але поки що поставлена науково-технічна задача не вирішена і потребує

додаткових досліджень, що визначає її актуальність; 4) вперше авторами запропонована морфологічна множина універсальних лещат з альтернативами нових ознак стану, виду виконання і рухомості затискних елементів, а також створені передумови для синтезу універсальних лещат з використання теорій фракталів, топологічних просторових перетворень і еволюції на різних рівнях генетичної інформації.

Список використаних джерел:

1. Зажимные приспособления мод. SB 20/150 Spannbaustein für CNC-Mazshinen und Klein Beartigungszentren „Industrie-meister“, 1984, № 7, 166 (нім.).
2. Зажимные тиски типа Goodj. Hochgenan spannen anf Ing und Drick „Industrie-meister“, 1984, № 12, 285-286 (нім.).
3. Кобзев А.С., Глущенко В.И., Потелов В.В. Универсальные станочные тиски. Машиностроитель, 1991, №9. – с. 16 – 18.
4. Кузнецов Ю.М., Крижанівський В.А., Хамуйела Т.О. Системно-морфологічний підхід при створенні затискних пристроїв для затиску призматичних заготовок // Наукові праці КНТУ. – 2004. - № 5.
5. Кузнецов Ю.Н., Хамуйела Ж.А.Герра, Хамуйела Т.О. Морфологический синтез станков и их механизмов: монография; Под ред. Ю.Н. Кузнецова – К.: ООО «Гнозис», 2012 – 416 с.
6. Кузнецов Ю. М. Теорія розв’язання творчих задач. – К.: ТОВ «ЗМОК» ПП «ГНОЗИС», 2003. – 294 с.: іл.
7. Кузнецов Ю. М., Гао Сінмін. Використання системно-морфологічного підходу при пошуку нових лещат для затиску об’єктів правильної і складної форми // Праці XXII Міжн. наук.-техн. конф. АСПГП.-Київ, НАУ. 2021 – с.140-145.
8. Станочные приспособления: Справочник в 2-х т. / Ред. совет: Б. Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984 – Т. 1 / Под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. 1984 – 592 с.
9. Тринг М., Лейтуэйт Э. Как изобретать? / Пер. с англ. А. С. Доброславського; под. ред. и предисл. В. В. Партикеева. – М.: Мир, 1980. - 172 с.
10. Y.Kuznietsov, Gao Xingmin. New look to creation of vises for objects of difficult form with the use of morphological approach and theory of fractals //Journal of the Technical University of Gabrovo, vol.64.-p.p.1-4.

УДК 621.9.06(072):62-231

Ю. М. Кузнєцов, докт. техн. наук, професор

О. В. Солнцев, аспірант

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МОРФОЛОГІЧНИЙ І СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ 3D-ПРИНТЕРА МОДУЛЬНОЇ КОМПОНОВКИ НА БАЗІ МЕХАНІЗМУ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Дослідження покликані сформулювати підходи та процеси проектування технологічного обладнання (ТО) з врахуванням сучасних вимог на прикладі використання адитивних технологій [2,4,8], каркасних конструкцій несучих систем [5,8] при суттєвому підвищенні швидкості переміщення робочих органів (РО), зокрема, за рахунок механізмів паралельної структури (МПС) [3,5,8] і застосуванні модульного принципу [1,2], який дозволяє зменшити час та витрати на проектування, складання і переналагодження.

Проведені патентно-інформаційні дослідження свідчать про те, що переважна більшість 3D-принтерів присвячені виконанню однієї функції, тобто однієї операції, і не передбачають в своєму складі інших модулів з можливістю їх заміни і перекомпонування. З цієї причини виникає необхідність в проведенні досліджень, спрямованих на порівняльний аналіз та синтез різних структур 3D-принтерів, їх схем і конструкцій з теоретичним обґрунтуванням і експериментальним підтвердженням на малогабаритних зразках в умовах обмеженого фінансування. В результаті подальших досліджень можуть бути створені вітчизняні конкурентоспроможні моделі 3D-принтерів для сучасного виробництва, в тому числі мультифункціональних. Тому, даний напрямок досліджень є актуальним і необхідним для розвитку машинобудування не тільки в Україні, але і за її межами.

В основу проектування 3D-принтера на базі триглайду покладено модульний принцип, тобто деякі деталі та вузли є уніфікованими і стандартними, а деякі потребують виготовлення. Для усунення можливості похибок при складанні 3D-принтера слід спроектувати кожний вузол окремо. Крім того, при проектуванні, за мету поставлено відтворення усіх кінематичних пар та зв'язків для детального аналізу робочого простору, виключення

можливості виникнення геометричних замків, подальшого кінематичного та динамічного аналізу [3,5,8] з перевіркою використання системного підходу [6,7] Тому на першому етапі було складено структурну схему і розглянуто кожну ланку системи окремо.

На сьогоднішній день при реалізації адитивних технологій існує два основних методи позиціонування екструдера: це переміщення в декартових координатах і циліндричних.

Запропонована морфологічну модель, яка дозволила відстежити класифікацію 3D-принтерів за кількістю ступенів рухів головки (HEAD) та столу (BED) у координатах X , Y , Z . Основні морфологічні ознаки зведені у морфологічну модель для подальшого синтезу: А-несуча система; В-привод; С-перетворювач [9]. За попереднім аналізом каркасних компоновок обрано призматичну. Як і при виборі найкращого варіанту реалізації несучої системи А, послідовно за методом прийняття найкращих рішень [6], обираються варіанти реалізації привода В та перетворювача С. Відповідно, маємо обрати ряд вимог до системи, що забезпечують елементи приводу та перетворювача: точність переміщень; довговічність; жорсткість.

Таким чином, структурний аналіз і системно-морфологічний підхід дозволили знайти оптимальні рішення 3D-принтера на базі триглайду модульної компоновки. Використовуючи CAD Autodesk Inventor при проектуванні 3D-принтера на основі триглайду були відтворені кінематичні пари, а подальший аналіз показав працездатність обраного рішення. Наступним етапом повинен бути кінематичний і динамічний аналіз 3D-принтера з МПС.

Список використаних джерел:

1. Аверьянов О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ / О.И. Аверьянов. – М.: Машиностроение, 1987. – 232с.
2. Агрегатно-модульне технологічне обладнання. / [Під ред. Ю.М.Кузнецова] – Кіровоград: Імекс ЛТД, 2004. – Ч.1 - 442 с., Ч.2-286 с.
3. Афонин В.Л. Обработкающие оборудование на основе механизмов параллельной структуры / [Под общ. ред. В.Л. Афолина] В.Л.Афонин, П.В.Подзоров, В.В.Слепцов. – М.: Издательство МГТУ Станкин, Янус–К., 2006. – 452 с.
4. Интегрированные технологии ускоренного прототипирования и изготовления. Монография. Под ред. Л.Л.

Таважнянского, А.И. Грабченко. – Харьков: ОАО «Модель вселенной», 2002. – 140с.

5. Крижанівський В. А., Кузнєцов Ю. М., Валявський І. А., Склярів Р. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Під ред. Ю. М. Кузнєцова. — Кіровоград, 2004. — 449с.

6. Кузнєцов Ю.М. Теорія розв'язання творчих задач. –К.: ТОВ «ЗМОК»-ПП «ГНОЗІС», 2003. – 294 с.

7. Кузнєцов Ю.Н., Новоселов Ю.К., Луцив И.В. Теория технических систем. –Севастополь: узд-во СевНТУ, 2010. –252 с.

8. Кузнєцов Ю.Н., Дмитриев Д.А., Диневич Г.Е. Компоновки станков смеханизмами параллельной структуры / Под ред. Ю.Н. Кузнєцова. – Херсон:ПП Вишемирский В.С., 2010. – 471 с.

9. Солнцев О.В., Кузнєцов Ю.М. Створення 3D-принтера на базі триглайда з використанням методу морфологічного аналізу // Збірник тез наукових доповідей II Всеукраїнської інтернет-конференції м. Северодонецьк, 27-28квітня 2017 р. — 172 с.

10. Charles Bell. 3D Printing with Delta Printers – Apress, 2015

К. Я. Лазарчук, аспірант*Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна*

ЕЛЕКТРОННА МОДЕЛЬ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Головною ознакою фізико-хімічних процесів під час лазерного зварювання є те, що вони мають термічну природу, тобто усі їх різноманіття можна реалізувати, керуючи чотирма основними параметрами – температурою (T_n), часом (t_n), швидкістю нагрівання (V_n), швидкістю охолодження (V_o). Таким чином, реалізувавши який-небудь конкретний набір цих параметрів, можна забезпечити протікання під час лазерного зварювання відповідного фізико-хімічного процесу і надати області зварювання необхідні властивості (структуру, фазовий склад, твердість, напружений стан і т. ін.) [1], [2]. Але для того, щоб отримати такий результат, а тим більше забезпечити його відтворюваність, треба встановити зв'язки між параметрами теплового стану та відповідними якісними та експлуатаційними характеристиками матеріалу з одного боку та умовами лазерного опромінення, які забезпечили б цей термічний процес, з другого. Процес можна подати у вигляді електронної моделі (рис. 1).

Процес лазерного зварювання є багаточинниковий і багатокритеріальним. Усі чинники, які впливають на характеристики теплового стану поверхневого шару матеріалу в умовах лазерного опромінення, можна розділити на три групи.

Першу групу чинників утворюють безпосередньо характеристики лазерного променя, який формує теплове джерело, іншу – характеристики оброблюваного виробу і третю – характеристики умов взаємодії лазерного випромінювання з матеріалом під час зварювання.

Найважливішими параметрами лазерного пучка під час лазерного зварювання є довжина хвилі випромінювання, форма і площа "плями" фокусування, характер розподілу інтенсивності випромінювання в "плямі" фокусування та його потужність.

Характеристиками оброблюваної деталі, які утворюють другу групу чинників, є геометричні параметри. Головними характеристиками третьої групи чинників є час взаємодії,

кінематика відносного руху, температура, тиск і хімічний склад середовища, кут падіння променя на поверхню матеріалу.

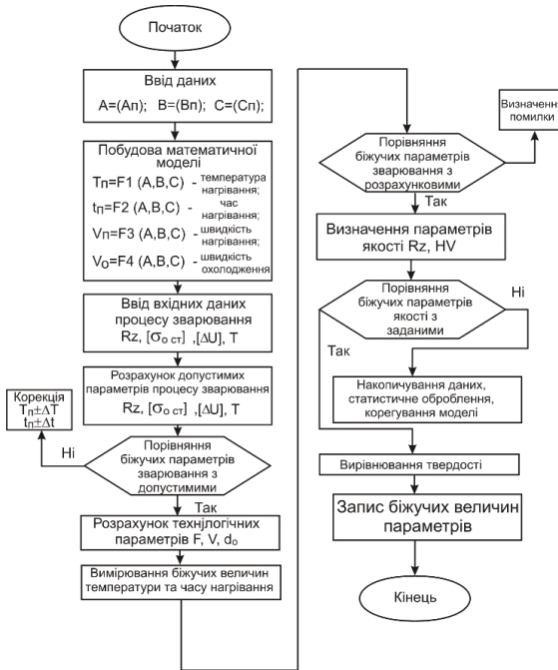


Рисунок 1 – Електронна модель лазерного зварювання

Слід зазначити, що всі подані чинники впливають на тепловий стан поверхневого шару і всі їх треба враховувати при вивченні, математичному моделюванні та розробці процесів лазерного зварювання.

Список використаних джерел:

1 Ребезнюк І., Лазарчук К., Особливості лазерного зварювання деревинорізальних стрічкових пилок: НЛТУ України, Ліс. госп-во, ліс., папер. і деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб. Львів : НЛТУ України. 2019, вип. 45. С. 145–150.

2 Спосіб лазерного зварювання дереворізальних стрічкових пилок : пат. на корисну модель №150257 Україна. МПК В23К 26/32 (2014.01). № u2021 04809; заявл. 25.08.21; опубл. 19.01.22. Бюл. № 3. 4с.

УДК 621.822.681.2:369.64

В. І. Марчук, докт. техн. наук, професор**С. В. Гринюк**, канд. техн. наук, старший викладач**І. В. Марчук**, канд. техн. наук, доцент*Луцький національний технічний університет*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ ШЛІФУВАННЯ КІЛЕЦЬ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ

У практиці світового машинобудування відбувається постійне підвищення вимог до якості та конкурентоспроможності виробів. Питання керування якістю поверхневого шару деталей машин під час шліфування залишається актуальною проблемою сучасного підшипникового виробництва [1].

Теплові явища, що супроводжують процес шліфування, значно впливають на якість шліфованих поверхонь. Підвищені температури шліфування викликають дефекти в поверхневому шарі шліфованої деталі (припали, тріщини, мікроструктурні дефекти), що знижують якість деталі, у зв'язку із чим температурний чинник набуває значення одного з основних чинників процесу шліфування [2].

Основні чинники, що впливають на температуру різання під час шліфування заготовки, залежать від глибини різання t , швидкості заготовки V_{∂} , числа канавок переривчастого шліфувального круга ε .

$$\theta = f(t, V_{\partial}, \varepsilon). \quad (1)$$

У першому наближенні функцію (1) можна представити у наступному вигляді [3]:

$$\theta = C \cdot t^a \cdot V_{\partial}^b \cdot \varepsilon^c \quad (2)$$

де C – коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу й умови оброблення; t – глибина різання, мм; V_{∂} – швидкість заготовки, м/хв; ε – число канавок.

В логарифмічному представленні рівняння (2) буде поліномом першого степеня:

$$\ln \theta = \ln C + a \cdot \ln t + b \cdot \ln V_{\partial} + c \cdot \ln \varepsilon \quad (3)$$

Під час переходу до безрозмірних величин у загальному вигляді рівняння (3) запишемо:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (4)$$

Експерименти проводили використовуючи методику повного факторного аналізу, тобто одночасного варіювання усіх змінних чинників, $x_1(t), x_2(V), x_3(\varepsilon)$.

За даними експериментальних досліджень була отримана математична модель температури різання. Аналіз отриманої математичної залежності показав, що найбільший вплив на збільшення температури різання має збільшення глибини різання й меншою мірою – число канавок шліфувального круга (ε). Швидкість заготовки (V_g) впливає на температуру різання під час шліфування, її збільшення призводить до зниження температурного впливу на поверхню, яку обробляють [2].

Список використаних джерел:

1. Марчук В.І, Сачковська Л.О., Гринюк С.В. Про вплив температури шліфування на показники якості поверхонь кілець роликотідшипників // Збірник наукових праць ІХ-тої Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні» 3-7 лютого 2020 Львів-Плай 120-121с.

2. Hryniuk S. Investigation of the influence of cutting modes and intermittent grinding wheel parameters on the grinding temperature of the roller bearings // «Modern engineering and innovative technologies» - Karlsruhe, Germany, March 2020. Issue №11 Partl.-C. 17-21.

3. Марчук В.І., Марчук І.В, Гринюк С.В., Сачковська Л.О. Моделювання процесу безцентрового шліфування робочих поверхонь кілець роликотідшипників в умовах серійного виробництва // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки») - Луцьк: Луцький НТУ, 2019. Вип. 66. - С. 234-239.

А. О. Михайлов, доктор філософії

Національний університет харчових технологій

Є. В. Штефан, доктор техн. наук, професор

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

О. В. Михайлов, доктор техн. наук, пров.н.сп.

ІПМ ім. І.М. Францевича НАН України

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ТОНКОСТІННИХ ВТУЛОК МЕТОДОМ ПРЯМОГО ВИТИСКУВАННЯ ПОРИСТИХ ЗАГОТОВОК

Вироби типу тонкостінних втулок знаходять широке застосування у обладнанні підприємств енергетичної, поліграфічної, харчової та ін. галузей промисловості. Для їх виготовлення пропонуємо використовувати методи порошкової металургії. Це дозволить суттєво зменшити витрати матеріалів у зрівнянні з технологічними операціями механічної обробки.

Методом комп'ютерного моделювання були досліджені закономірності ущільнення і формозміни пористих заготовок при технологічній операції прямого витискування. Використовували співвідношення теорії пластичності пористого тіла [1] та метод скінчених елементів [2].

На рис. 1 наведені зміна форми виробу, а також зміна розподілу пористості в процесі прямого витискування.

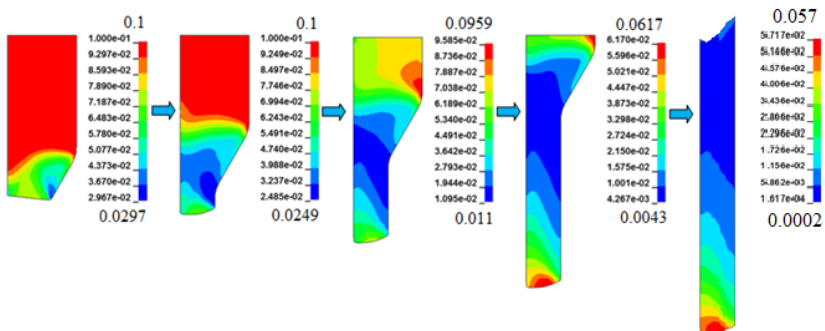


Рисунок 1 – Аналіз еволюції розподілу пористості

Залишкова пористість і накопичена деформація в отриманому виробі розподілені нерівномірно. В області у торця заготовки,

вільного від впливу навантажень, величина пористості максимальна (5.7%), а накопичена деформація мінімальна.

На рис. 2.а показана послідовність операцій прямого витискування. При цьому перша заготовка здійснювала протитиск на другу.

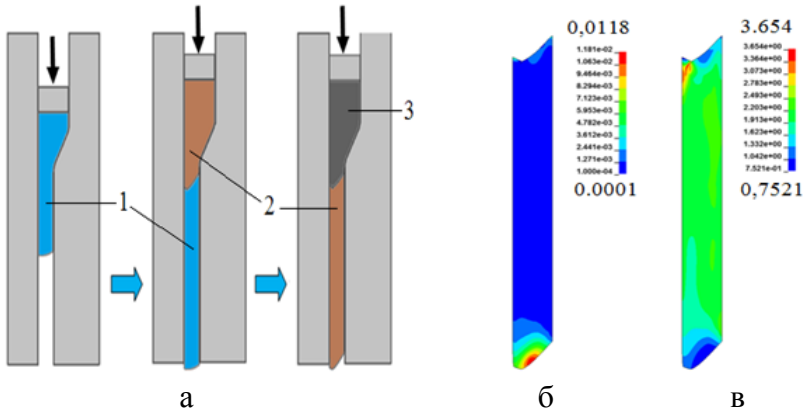


Рисунок 2 – Послідовність операцій прямого витискування (а) та розподіл величин пористості (б) і накопиченої деформації (в) в другій заготовці

Розподіл пористості та величини накопиченої пластичної деформації твердої фази в другій заготовці (рис.2,а,б) свідчить, що вплив протитиску призводить до більш рівномірного розподілу цих параметрів, зменшенню пористості та збільшенню накопиченої деформації.

Список використаних джерел:

1. Штерн М. Б., Михайлов О. В., Михайлов А. О. Узагальнена континуальна модель пластичності порошкових та пористих матеріалів. Порошкова металургія. Київ, 2021. № 1/2. С. 27 - 44
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике: Пер. с англ. М.: Мир, 1975. 541 с.

УДК 621.798

І. І. Регей, докт. техн. наук, професор,

О. Б. Книш, докт. техн. наук, професор,

Б. Р. Іваськів, аспірант

Українська академія друкарства, м. Львів

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА СИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРИВОДА НАТИСКНОЇ ПЛИТИ У ВИСІКАЛЬНОМУ ЕКСЦЕНТРИКОВОМУ ПРЕСІ

Запропонований новий пристрій для транспортування картонних заготовок за бокові поля уможливають реалізацією ефективного функціонування штанцювального обладнання з мінімальним переміщенням масивної натискної плити преса та інструментів у технологічних секціях [1]. Для її привода обґрунтовано використання ексцентрикового механізму [2]. Оцінку силового навантаження проведено на спроектованому та виготовленому експериментальному стенді.

Стенд укомплектований опорною плитою з штанцювальною формою; приводним валом, на якому встановлено тензометричні датчики та ексцентрики з підшипниками кочення; натискною плитою; кроковим двигуном та зубчастою передачею.

Експериментальні дослідження передбачали використання картону типу хром-ерзац завтовшки 0,3 мм (маса 1-го м² 250 г/м²); 0,4 мм (310 г/м²); 0,5 мм (380 г/м²); 0,6 мм (440 г/м²); 0,7 мм (520 г/м²). Висікання картону проводили вздовж і поперек волокон висікальними лініями різного типу.

Отримані дані відображалися в режимі реального часу в табличному редакторі MS Excel. Для чого створено спеціальний макрос, який забезпечує зчитування значень через віртуальний СОМ порт, розшифровує та записує їх у відповідні комірки табличного редактора.

У процесі розшифрування отриманих осцилограм силового навантаження приводного вала виокремлено дугоподібну зміну моменту внаслідок переборювання ваги натискної плити і ексцентриків та стрімке зростання моменту внаслідок проникнення висікальної лінійки в картон.

За результатами дослідження встановлено, що збільшення товщини картону спричинює зростання моменту сили на приводному валу внаслідок його висікання (рис. 1). Аналогічна

ситуація спостерігається при висіканні картону поперек волокон порівняно з висіканням вздовж. Отримані результати є логічними, оскільки збільшення товщини картону та зміна напрямку волокон з поздовжнього на поперечний збільшують опір висікальній лінійці при руйнуванні картону.

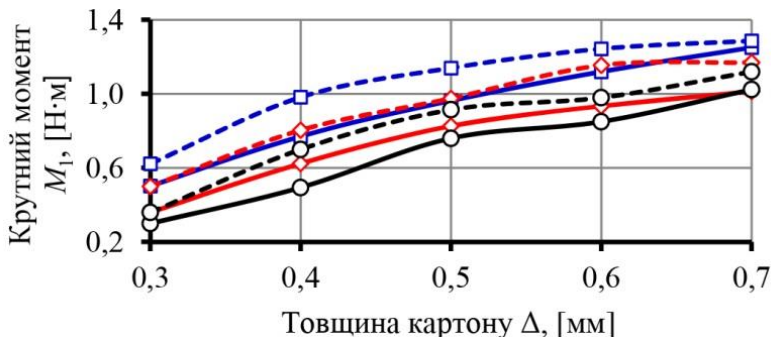


Рисунок 1 – Залежність крутного моменту від товщини картону при висіканні лінійкою вздовж волокон (суцільна лінія) та поперек волокон (штрихова лінія) та частоті обертання приводного вала:

□ – 60 об./хв., ◇ – 90 об./хв., ○ – 120 об./хв.

Отримані результати експериментальних досліджень передбачено використати для розроблення нового штанцювального обладнання з ексцентриковим механізмом привода натискної плити.

Список використаних джерел:

1. Пристрій дискретного переміщення картонних заготовок по технологічних секціях штанцювального автомата: пат. 122189 Україна: МПК: B65G 47/84, B65G 17/46, B31B 50/04, B26F 1/02, B26F 1/40. Регей І. І., Книш О. Б., Кравчук І. М., Іваськів Б. Р. Заявл. 11.02.19; опубл. 25.09.2020 р. Бюл. № 18. 4 с.

2. Регей І. І., Книш О. Б., Бегень П. І., Іваськів Б. Р. Штанцювальний прес з обмеженим ходом натискної плити (обґрунтування конструкції). Упаковка. 2020. № 4–5. С. 43–45.

УДК 621.941.323.2

Р. Г. Редько, канд. техн. наук, доцент

О. Ю. Повстяной, докт. техн. наук, професор

Т. І. Четвержук, канд. техн. наук, доцент

О. І. Редько, канд. техн. наук, доцент

Т. Є. Божко, канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕНЬ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ХАРАКТЕРИСТИК ЖОРСТКОСТІ ЗАТИСКНИХ ЦАНГ

Метою дослідження є порівняння силових характеристик та характеристик жорсткості затискних цанг (ЗЦ), виготовлених за новими технологіями (нерозведених і литих) із стандартними ЗЦ. Об'єктом дослідження є затискні цанги 1А240-6 – нерозведені, литі та стандартні за ГОСТ 2876-80, з номінальним діаметром $d=40$ мм.

Для проведення експерименту використовувались такі інструменти та обладнання:

1) стенд для визначення силових характеристик та характеристик жорсткості ЗЦ;

2) кільцевий динамометр розтягу ДР-500 (ціна поділки $62.4 \cdot 10^3 \text{Н/мм}$) для вимірювання осьової сили затягування;

3) цанговий динамометр (ціна поділки $12 \cdot 10^3 \text{Н/мм}$ на одну пелюстку цанги) для вимірювання радіальної сили затиску;

4) динамометрична рукоятка РД-20К (ціна поділки $5.7 \cdot 10^2 \text{Нм/мм}$) для вимірювання моменту прокручування;

5) динамометр стиску ДС-5000 (ціна поділки $6.7 \cdot 10^3 \text{Н/мм}$) для вимірювання сили прошовування заготовки.

Для перевірки впливу різних параметрів і способів виготовлення затискних цанг на їх силові характеристики були проведені експериментальні дослідження цанг токарного автомату мод. 1А240-6. Дослідження проводились в лабораторії металообробного обладнання ЛНТУ на стенді, схема якого наведена на рисунку 1.

Досліджувана цанга поміщалась в шпindel 5, закріплений в стойці 6, і за допомогою труби затиску 7, з'єднаною через кільцевий динамометр 8 та перехідну ланку 9 зі штоком гідроциліндра 10, затискувалась разом із оправкою 3. Оправки

виконувались різного діаметру – меншого, рівного та більшого від діаметру робочого отвору цанги. Осьова сила проштовхування створювалась навантажувальним пристроєм 1 і вимірювалась динамометром 2. Як опора для навантажувального пристрою 1 та гідроциліндра 10 використана рама 11.

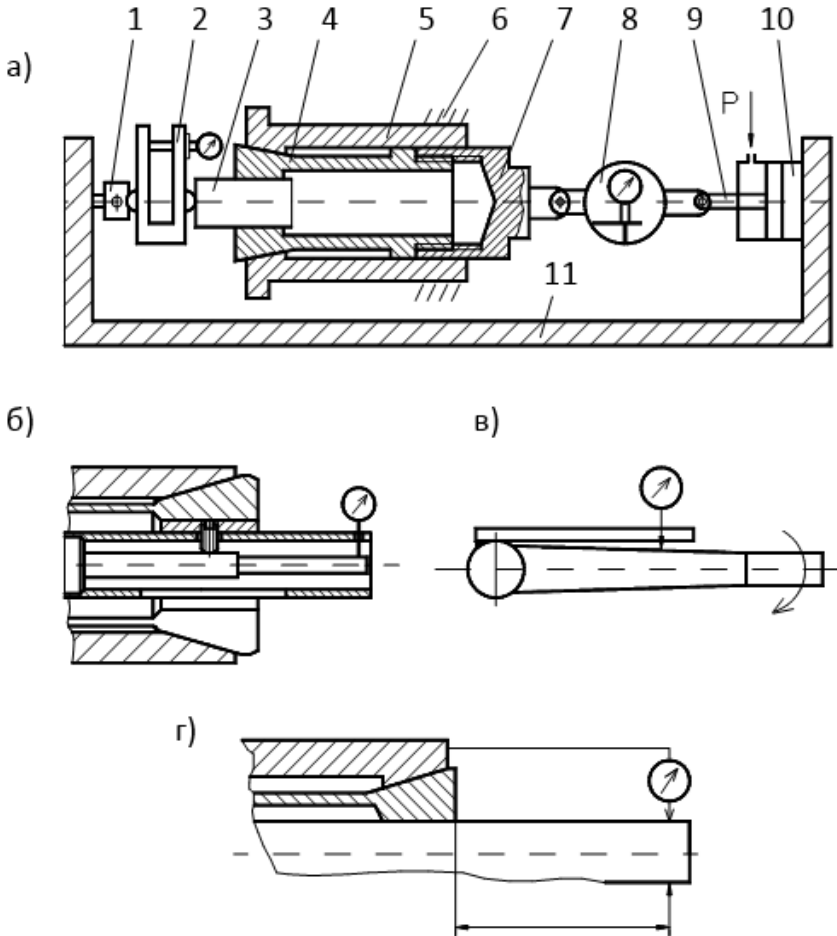


Рисунок 1 – Визначення силових характеристик та характеристик жорсткості ЗЦ: а) схема стану; б) схема вимірювання радіальної сили затиску; в) динамометрична рукоятка; г) схема вимірювання радіальної жорсткості закріплення оправки

Експеримент проводився у два етапи. На першому етапі були виконані порівняльні дослідження нерозвідних та розвідних ЗЦ, на другому етапі – порівняльні дослідження литих розвідних і литих нерозвідних ЗЦ та стандартних ЗЦ. На кожному із етапів вимірювались наступні характеристики: радіальна сила затиску згідно схеми на рис. 1, в; осьова сила затиску за допомогою кільцевого динамометра 8 (рис. 1, а); сила проштовхування прутка $P_{пр}$ при різних осьовій силі затиску і діаметру затискуваних прутків (рис. 1, а); момент прокручування прутків різного діаметру $M_{пр}$ за різної осьової сили затиску, що вимірювався за допомогою динамометричної рукоятки (рис. 1, б); радіальна жорсткість затиску j_p , що визначалась відношенням радіального навантаження P_p ($P_p=250, 500, 750, 1000$), прикладеного на відстані 100 мм від торця цанги (рис. 1, г), до деформації; осьова жорсткість затиску j_o , яка дорівнює відношенню сили проштовхування прутка $P_{пр}$ до осьової деформації цанги u_o (j_o визначалась для порівняння НЗЦ та РЗЦ).

Проведено порівняльний аналіз силових характеристик та характеристик жорсткості досліджуваних ЗЦ.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що нерозвідні ЗЦ мають вищі силові та жорсткісні характеристики по відношенню до розвідних ЗЦ.

Радіальна жорсткість j_p , сила проштовхування $P_{пр}$ та момент прокручування $M_{пр}$ литих цанг мають вищі значення по відношенню до значень відповідних характеристик стандартної ЗЦ за ГОСТ 2876-80 завдяки зменшенню жорсткості пелюсток і покращенню умов контактування ЗЦ із шпинделем і прутком.

Жорсткісні та силові характеристики литої нерозвідної цанги вищі за відповідні характеристики литої розвідної.

Список використаних джерел:

1. Кузнецов Ю. М., Придальний Б. І. Проектування цільових механізмів маніпулювання верстатів нового покоління; 2-е видання– Луцьк: Вежа-Друк, 2014. — 428 с.

УДК 621.941.323.2

Р. Г. Редько, канд. техн. наук, доцент

Т. І. Четвержук, канд. техн. наук, доцент

Н. Т. Зубовецька, канд. техн. наук, доцент

Р. М. Полінкевич, канд. техн. наук, доцент

О. І. Редько, канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВТОМИ ЗАТИСКНИХ ЦАНГ ТОКАРНИХ АВТОМАТІВ

Метою дослідження є визначення кількості циклів коливання пелюсток затискних цанг (ЗЦ) за різної амплітуди до моменту появи тріщин, а також визначення зони максимальних напружень.

Об'єктами досліджень є розвідні затискні цанги 1A240-6 з $I_n=84$ мм, 1A240-6 з $I_n=100$ мм, нерозвідна 1A240 і лита ЗЦ. При проведенні експерименту використовувались такі інструменти та обладнання:

- 1) вібростенд для збудження багатоциклових коливань;
- 2) підвісна опора для закріплення цанги;
- 3) осцилограф;
- 4) підсилювач;
- 5) мікроскоп для фіксування амплітуди коливань.

Схема установки для визначення напружено-деформованого стану пелюсток цанги наведена на рисунку 1.

Досліджувана цанга 10 кріпилась в масивному затискачі 6 клиновим затвором 7, які разом з траверсою 5 підвішувались на струнах 8 до потолкових балок. При такому розташуванні зменшуються витрати енергії при коливанні системи, а підвіска рухомої платформи 2 динаміка вібростенда 1 захищена від дії реактивних моментів. Від рухомої платформи 2 вертикальні коливання передаються стойці 3 і через тонку пластину 4 – траверсі 5 і пелюстку цанги 10. Амплітуда коливань вимірювалась бінокулярним мікроскопом 11. На досліджувану цангу були наклеєні тензодатчики 9, за допомогою яких вимірювались деформація і напруження в заданих місцях, сигнали від яких передавались на осцилограф 13 по провідниках 14. Тензорезистори попередньо були протаровані.

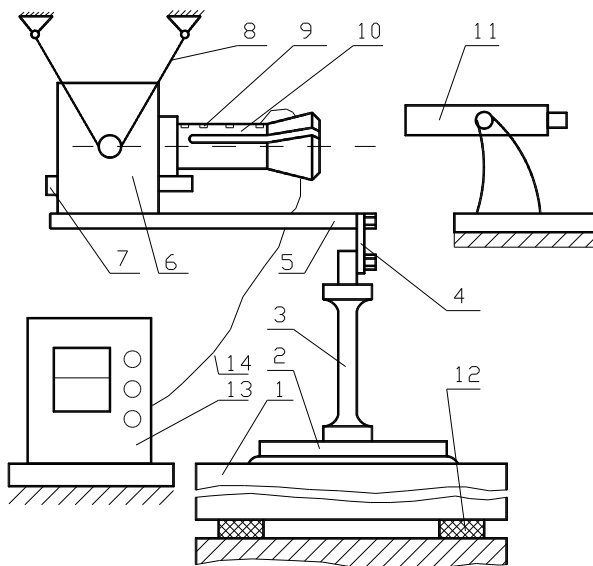


Рисунок 1 – Схема установки для визначення напружено-деформованого стану пелюсток ЗЦ при їх цикловому навантаженні

За допомогою даної установки визначались деформації і напруження в різних точках пелюстки ЗЦ за різних амплітуд коливання. При робочій амплітуді ($2A \approx 2-3$ мм) визначено максимальну кількість циклів коливання пелюсток досліджуваних цанг. Зроблено аналіз результатів експерименту.

Найкраще себе зарекомендувала при перевірці на опір втомі літа ЗЦ, яка витримала базу 10^6 циклів при всіх можливих робочих амплітудах циклічних навантажень.

Список використаних джерел:

1. Кузнецов Ю. М., Придальний Б. І. Проектування цільових механізмів маніпулювання верстатів нового покоління; 2-е видання– Луцьк: Вежа-Друк, 2014. — 428 с.

НАПРУЖЕННЯ В ДИСКУ ДЕРЕВИНОРІЗАЛЬНОЇ КРУГЛОЇ ПИЛКИ З КОМПЕНСАЦІЙНИМИ ПРОРІЗЯМИ

Круглі пилки є основним інструментом для розпилювання деревини, але вони мають суттєвий недолік, який полягає в значному рівні шуму під час їх експлуатації. Розроблені різні методи боротьби з цим явищем: підвищення точності виготовлення як пилок, так і пилкових валів; створення в пилках попередніх напружень; створення прорізей у дисках пилок, які компенсують напруження від відцентрових сил інерції та від нерівномірного нагрівання диска [1], [2]. Вказаний метод створення прорізей є достатньо простим, але форма та розміщення їх у різних виробників значно відрізняється, а в літературних джерелах немає теоретичного наукового обґрунтування відносно форми та розміщення таких прорізей. Запропоновано виконання прорізей у вигляді відрізків спіралей Архімеда (рис.1), що забезпечує плавність переходу від ділянки з прорізю до суцільної ділянки. Це дає можливість перерозподілити напруження в диску що знизить рівень шуму пилки у процесі різання до нормативних санітарних норм [3].

Однією з проблем, яка виникає під час використання прорізей, це визначення, у якій мірі вони впливають на жорсткість плоского диска пилки та його міцність.

Класичний підхід у розрахунках на міцність не розкриває самого механізму напружено-деформованого стану диска круглої пилки та впливу на нього виконаних в ній прорізей, тому під час виготовлення круглих пилок з прорізями необхідно використовувати уточнений метод розрахунку на міцність – метод кінцевих елементів (МКЕ). Застосування математичного апарату методу кінцевих елементів спрощує побудову моделі об'єкта, у якому необхідно досліджувати напружено-деформований стан. МКЕ дає змогу отримати рішення у вигляді полів напружень і деформацій практично в будь-якому перерізі круглої пилки.

Основні етапи розв'язання задачі за допомогою МКЕ такі:

1. Підготовка геометричної 3D моделі пилкового валу з затиснутою на ньому пилкою.
2. Аналіз та призначення граничних умов (закріплення, навантаження, температура).
3. Генерація кінцево-елементної сітки на 3D-моделі.
4. Виконання статичного розрахунку.
5. Унаслідок розрахунку отримані епюри деформованої розрахункової моделі, у якій кольоровий діапазон показує рівень напружень у заданій точці диска (див. рис. 1).

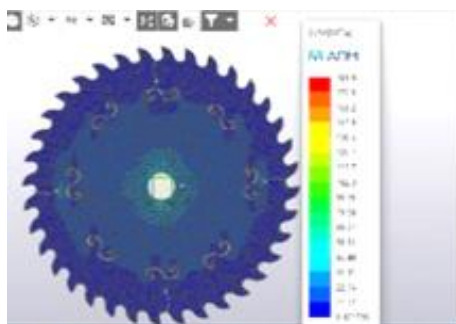


Рисунок 1 – Епюри деформованої розрахункової моделі

Аналізуючи епюру напружень на рис.1, можна зробити висновок, що найбільші напруження виникають біля ділянки закріплення диска, а потім вони значно зменшуються до периферії. Таке розміщення напружень уможливорює достатню жорсткість диска, а зменшення напружень в середині диска забезпечує компенсацію напружень від деформації диска, що зумовлена його нагріванням під час роботи.

Список використаних джерел:

1. Стахийев Ю. М. Работоспособность плоских круглых пил. М. : Лесн. пром-сть, 1989. 384 с.
2. Санев В. И. Обработка древесины круглыми пилами. – М. : Лесная пром-сть, 1980. 232 с. 46.
3. Кругла пила: пат. на корисну модель № 150258 Україна. МПК В27В 33/08 (2006.01). № u2021 04812; заявл. 25.08.21; опубл. 19.01.22. Бюл. № 3. 4 с.

УДК 667.64:678.026

А. В. Сапронова, PhD, молодший науковий співробітник

В. В. Соценко, аспірант

Херсонська державна морська академія

РОЗРОБКА ТЕРМОСТІЙКИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

У багатьох галузях промисловості умови експлуатації полімерних матеріалів можуть суттєво змінюватися. Тобто полімерні матеріали можливо експлуатувати як при низьких температурах так і при підвищених. В умовах впливу підвищених температур композитні матеріали окрім адгезійних і механічних характеристик повинні характеризуватися і значною термостійкістю. Поліпшення термостійкості композитних матеріалів можливо досягнути шляхом введення у полімерну матрицю часток, що містять тугоплавкі сполуки.

Для отримання тугоплавких сполук, здатних інгібувати термічну деструкцію полімер композитних матеріалів проводили високовольтний електророзрядний синтез суміші вихідного складу: Fe (75 %) + Ti (25 %). В результаті обробки суміші порошоків заліза і титану високовольтними електричними розрядами (ВЕР) в середовищі гасу отримано порошокподібну суміш, з частками чорного кольору близької до округлої форми з середнім розміром 10...12 мкм. Методом рентгенофазового аналізу вихідної порошоквої суміші встановлено присутність двох піків високої інтенсивності основних компонентів: титану (Ti) та заліза (Fe). Після ВЕР синтезу в гасі крім вихідних фаз спостерігали менш інтенсивні, але чіткі рефлекси тугоплавких сполук карбїду титану (TiC) та карбїду заліза (Fe₃C). Надалі проводили дослідження поведінки композитних матеріалів наповнених синтезованою порошоквою залізо-карбїдотитановою шихтою (ЗКТШ), яка містить тугоплавкі сполуки (TiC, Fe₃C) при високих температурах методом термогравіметричного (ТГА) аналізу. Вміст модифікованого наповнювача змінювали у межах $q = 0,025...5,000$ %.

Введення синтезованої порошоквої залізо-карбїдотитанової шихти за вмісту $q = 0,025...0,075$ % не впливає на значення початкової температури втрати маси (T_0). Тоді, як введення ЗКТШ за вмісту – $q = 0,100$ % забезпечує максимальне зміщення

початкової температури втрати маси на 29 К ($T_0 = 612$ К) в область високих температур. Це вказує про стійкість хімічних зв'язків до впливу температури, за рахунок оптимального ущільнення тривимірної просторової сітки полімерного композиту.

Для підтвердження отриманих результатів досліджень і наведених припущень визначали стійкість фізико-хімічних зв'язків чинити опір термічному впливу, шляхом розрахунку енергії активації термічної деструкції композитів наповнених ЗКТШ. Значення енергії активації розраховували за методом Бройдо у температурному діапазоні $T = 573 \dots 713$ К, аналізуючи втрату маси (ТГА-крива) із інтервалом $\Delta T = 10$ К. Значення енергії активації деструкції в кДж/моль знаходили за формулою (1):

$$E = -R \cdot \lg(\varphi), \quad (1)$$

Експериментально встановлено, що найбільшою енергією активації термічної деструкції характеризуються композитні матеріали із вмістом синтезованої порошкової залізо-карбідотитанової шихтою $q = 0,100$ %. Це дозволяє стверджувати про збільшення числа міжланцюгових контактів, підвищення жорсткості полімерних ланцюгів. При цьому підвищується енергія розриву хімічних зв'язків ($E_a = 163,7$ кДж/моль), а отже і термічна стійкість полімер композитних матеріалів.

Публікація містить результати досліджень, проведених у рамках НДДКР молодих вчених «Спрямоване керування структуроутворенням нановуглецевмісних полімерних композитів для підвищення експлуатаційних характеристик транспорту» (№ д.р. 0121U107610).

УДК 667.64:678.026

О. О. Сапронов, докт. техн. наук, доцент**П. О. Воробйов**, аспірант*Херсонська державна морська академія*

СТІЙКІСТЬ МОДИФІКОВАНИХ ТЕРМОРЕАКТИВНИХ КОМПЗИТИВ ДО ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ

Серед розповсюджених термореактивних зв'язувачів, які застосовують при ремонті засобів водного транспорту, перспективним є використання епоксидних. Це обумовлено стійкістю полімерних матеріалів до теплового і механічного впливу. Одним напрямком поліпшення властивостей термореактивних полімерних матеріалів є введення у зв'язувач модифікаторів, що забезпечує поліпшення процесів структуроутворення при полімеризації. Тому, для модифікації епоксидного зв'язувача DER – 331 (CAS No. 25085-99-8) виробництва «Dow Chemical Comp» (Німеччина), використано модифікатор 2-Бензофуран-1,3-діон – фталевий ангідрид (ФА) (CAS No. 112-24-3).

Методом газової хроматографії з маселективним детектуванням визначено структурну будову модифікатора. При співставленні отриманих спектрів з електронною бібліотекою відомих речовин, визначено, що досліджена проба модифікатора являє собою органічну сполуку – ангідрид фталевої кислоти (структурна формула $C_8H_4O_3$).

Для аналізу поведінки розроблених композитів у діапазоні температур $\Delta T = 303 \dots 473$ К досліджували термічний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР). Збільшення вмісту модифікатора у композиті забезпечує нестрімке збільшення термічного коефіцієнту лінійного розширення лише до певних меж – до температурного діапазону $\Delta T = 303 \dots 423$ К. Тоді, як у температурному діапазоні $\Delta T = 303 \dots 473$ К спостерігали екстремальне підвищення показників ТКЛР (рис. 1), що пов'язано з швидкістю переходу із нерівноважного у рівноважний стан композитних матеріалів. Введення ФА за вмісту $q = 0,10$ мас.ч. забезпечує формування композитів з найменшим значенням ТКЛР (серед досліджуваних) у температурній області $\Delta T = 303 \dots 323$ К (табл. 1). Подальше введення модифікатора ($q = 0,25 \dots 3,00$ мас.ч.) забезпечує лінійне збільшення ТКЛР для всіх досліджуваних КМ.

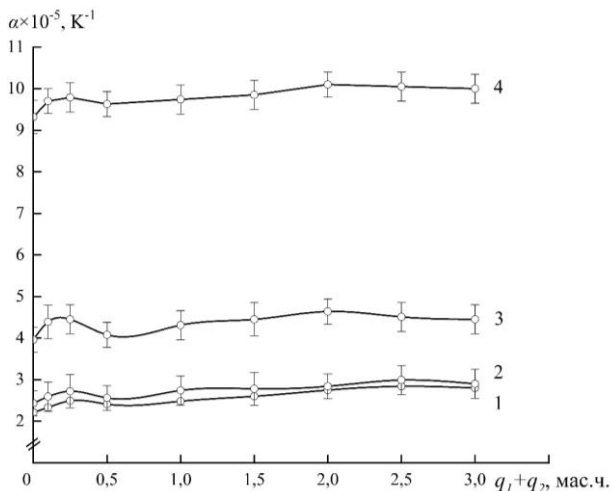


Рисунок 1 – Значення показників коефіцієнта лінійного розширення залежно від вмісту модифікатора 2-Бензофуран-1,3-діон при визначених температурних діапазонах:
 1) $\Delta T = 303 \dots 323 \text{ K}$; 2) $\Delta T = 303 \dots 373 \text{ K}$;
 3) $\Delta T = 303 \dots 423 \text{ K}$; 4) $\Delta T = 303 \dots 473 \text{ K}$.

Отже, отримані результати дослідження вказують на пластифікуючу дію модифікатора, що створює умови для подальших досліджень модифікованих захисних покриттів з демпфувальною дією для корпусних деталей засобів транспорту, зокрема водного.

Публікація містить результати досліджень, проведених у рамках НДДКР молодих вчених «Спрямоване керування структуроутворенням нановуглецевмісних полімерних композитів для підвищення експлуатаційних характеристик транспорту» (№ д.р. 0121U107610).

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВМІСТУ РІЗНОДИСПЕРСНИХ
ДОБАВОК У ЗАХИСНОМУ ПОКРИТТІ МЕТОДОМ
МАТЕМАТИЧНОЇ
СТАТИСТИКИ**

Для надійного захисту металевих конструкцій, вузлів і агрегатів транспорту актуальним є розробка нових композитних захисних покриттів. Одним із способів підвищення міцнісних і захисних властивостей покриттів є введення у епоксидну матрицю різнодисперсних наповнювачів. Раціональне поєднання останніх забезпечить підвищення ступеня зшивання композитних матеріалів і відповідно поліпшення їх властивостей.

Для поліпшення властивостей захисних покриттів використовували два наповнювачі у комплексі – суміш дискретних органічних волокон (СДОВ) і антиагломеруючу добавку Hydrophobierungsmittel (HDBS), оптимальний вміст яких визначали методом математичного планування експерименту з використанням прикладного пакету STATGRAPHICS® Centurion XVI. Вихідні дані для статистичної обробки властивостей КМ, наведено в табл. 1.

Математичну модель залежності властивостей $y = f(x_1, x_2)$ шукали у вигляді рівняння регресії. Таким чином при аналізі руйнівних напружень при згинанні отримали наступне рівняння регресії:

$$y = 83,24 - 6,12x_1 - 2,83x_2 - 4,02x_1^2 - 4,37x_2^2 - 5,40x_1x_2. \quad (1)$$

Після проведених перетворень (з урахуванням критеріїв Кохрена, Стюдента, Фішера), для отримання рівняння регресії з натуральними значеннями змінних параметрів, отримано:

- руйнівні напруження при згинанні

$$\sigma_{gr} = 52,4815 + 1204,81q_1 + 2,3633q_2 - \\ - 17851,9q_1^2 - 0,0437q_2^2 - 36,0q_1q_2$$

Таблиця 1 – Вихідні дані для статистичної обробки результатів дослідження властивостей КМ

Компоненти	Фактор	Середній рівень, q , мас.ч.	Крок варіювання, Δq , мас.ч.	Значення рівнів змінних (мас.ч.), що відповідають умовним одиницям		
				-1	0	+1
Суміш дискретних органічних волокон (СДОВ)	x_1	0,025	0,015	0,010	0,025	0,040
Антиагломеруюча добавка hydropho biervnsmittel (HDBS)	x_2	20	10	10	20	13

За допомогою побудованих поверхонь відгуку визначено, що максимальними показниками руйнівних напружень при згинанні характеризуються композити при вмісті наповнювачів: СДОВ – 0,025 мас.ч., HDBS – 20 мас.ч. ($\sigma_{3z} = 92,6$ МПа). Максимальними показниками модуля пружності при згинанні – епоксидний композит за наступного вмісту добавок: СДОВ – 0,010 мас.ч., HDBS – 30 мас.ч. ($E = 5,8$ ГПа).

Отже, у роботі методом математичного планування експерименту оптимізовано вміст різних за фізико-хімічною природою і дисперсністю добавок у епоксидному зв'язувачі для отримання покриттів функціонального призначення.

УДК 621.371

Ю. Д. Філатов, докт. техн. наук, професор**В. І. Сідорко**, докт. техн. наук, доцент*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України***В. А. Ковальов**, канд. техн. наук, доцент**О. Я. Юрчишин**, канд. техн. наук, доцент*КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОЛІРУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ ОПТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Підвищення продуктивності полірування полімерних оптичних матеріалів можна забезпечити лише за удосконалення технології їх механічної обробки та розробки нових полірувальних дисперсійних систем. Зазвичай полірування полімерних оптичних матеріалів, які використовуються для виготовлення сцинтиляторів з полістиролу (ПС), контактних та інтраокулярних лінз з поліметилметакрилату (ПММА), лінз для окулярів з аллідігліколькарбонату (CR-39), здійснюється за допомогою дисперсійних систем (полірувальних суспензій та колоїдних рідин) з мікро- та нанопорошків. Продуктивність полірування залежить від реологічних властивостей дисперсної системи, структури оброблюваного матеріалу, а також діелектричних та спектроскопічних характеристик оброблюваного матеріалу та дисперсної системи [1–6]. Метою даного дослідження є вивчення закономірностей впливу фізико-хімічних властивостей оброблюваного матеріалу та дисперсної системи на продуктивність полірування полімерних оптичних матеріалів.

У відповідності до сучасних уявлень про механізм взаємодії складових частин гібридних наносистем, зокрема оброблюваної поверхні та частинки дисперсної фази полірувальної дисперсної системи, видалення оброблюваного матеріалу та зношення частинок полірувального порошку відбувається внаслідок міжмолекулярної взаємодії між ними і визначається силами Ван-дер-Ваальса, які є наслідком виникнення локальних дипольних моментів на характерних частотах. Перенос енергії між частинками дисперсної фази та оброблюваною поверхнею відбувається за ферстерівським механізмом (Ферстерівське резонансне перенесення енергії, FRET) [7, 8], а ефективність FRET, яке відбувається у відкритому мікрорезонаторі, що

утворюється двома паралельними поверхнями оброблюваного матеріалу і полірувального інструменту, розділеними шаром дисперсної системи товщиною декілька мкм, залежить від добротності резонатора на відповідних частотах [9, 10].

Дослідження закономірностей полірування полімерних оптичних матеріалів здійснювалось при поліруванні плоских поверхонь деталей діаметром 60 мм на верстаті мод. 2ШП-200М за допомогою притиру з пінополіуретану діаметром 100 мм при зусиллі притискання деталі до притиру 50 Н, частоті обертання притиру 90 об/хв., зміщенні 30 мм та довжині штриха 80 мм, середній температурі в зоні контакту оброблюваної деталі та притиру 298 К. Оброблювались полімерні матеріали, які використовуються для виготовлення сцинтиляторів з полістиролу ПС (густина $\rho_1=1,06$ г/см³, діелектрична проникність $\epsilon_1=2,5$, $\lambda_1=0,15$ Вт/(м·К)), контактних та інтраокулярних лінз з поліметилметакрилату ПММА ($\rho_1=1,18$ г/см³, $\epsilon_1=3,9$, $\lambda_1=0,19$ Вт/(м·К)), лінз для окулярів з поліалілдігліколькарбонату CR-39 ($\rho_1=1,32$ г/см³, $\epsilon_1=10,0$, $\lambda_1=0,20$ Вт/(м·К)). Полірування здійснювалось за допомогою дисперсної системи з мікро- та нонопорошків (ДС1) ($\rho_2=3,86$ г/см³, $\epsilon_2=6,1$, $\lambda_2=1,0$ Вт/(м·К)) та водяної суспензії двооксиду церію (ДС2) ($\rho_2=6,62$ г/см³, $\epsilon_2=21,2$, $\lambda_2=3,0$ Вт/(м·К)), яка традиційно застосовується для полірування оптичних матеріалів. Підготовка плоских поверхонь оптичних деталей під полірування здійснювалась за допомогою традиційних методів тонкого та надтонкого шліфування. Частоти власних коливань молекулярних фрагментів частинок полірувального порошку дисперсної системи ДС1, визначені за спектрами ІЧ-поглинання (Фур'є-спектрометр Nicolet 6700), складала (см⁻¹): 597, 733, 777, 850, 870, 943, 984, 1085, а дисперсної системи ДС2 – 465, 521, 848. Досліджувані полімерні оптичні матеріали характеризувались частотами власних коливань молекулярних фрагментів, які визначались за відповідними ІЧ-спектрами: ПС – 537, 696, 753, 905, 1027 (см⁻¹), ПММА – 481, 750, 840, 960, 1065 (см⁻¹), CR-39 – 495, 621, 792, 839 (см⁻¹). Середні розміри частинок полірувального порошку визначались за зображеннями, отриманими за допомогою растрового електронного мікроскопу Zeiss-EVO50 з системою мікроаналізу AZtec, і складала 409 нм – для ДС1 і 910 нм – для ДС2. Зняття оброблюваного матеріалу визначалось ваговим методом за допомогою аналітичних терезів мод. АВД-200. Параметри шорсткості полірованих поверхонь

визначали методом комп'ютерного моделювання та контролювали за допомогою безконтактного інтерференційного 3D профілографа Micron-alpha.

Результати визначення продуктивності зняття оброблюваного матеріалу та параметрів шорсткості оброблених поверхонь наведено в таблиці.

Таблиця – Показники полірування полімерних оптичних матеріалів

Параметри взаємодії поверхні з дисперсною системою	Оброблюваний матеріал					
	ПС	ПММА	CR-39	ПС	ПММА	CR-39
Дисперсна система	ДС1			ДС2		
Добротність резонатора	19,8	28,8	14,7	8,9	106,0	15,1
Продуктивність полірування, 10^{-13} м ³ /с мкм/год.	39,3	155,0	5,0	0	363,0	7,2
	5,0	19,0	0,6	0	46,0	1,0

В результаті досліджень показано, що під час полірування полімерних оптичних матеріалів за допомогою дисперсної системи, яка розташована у рухомому відкритому мікрорезонаторі, що утворюється двома паралельними поверхнями оброблюваного матеріалу і полірувального інструменту, продуктивність зняття оброблюваного матеріалу лінійно зростає за підвищення добротності резонатора (див. табл.), що дозволяє здійснювати керування ефективністю процесу обробки за допомогою зміни реологічних властивостей дисперсної системи або зусилля притискання оброблюваної деталі до притиру [4].

Список використаних джерел:

1. Filatov Yu.D. Modeling and experimental study of surfaces optoelectronic elements from crystal materials in polishing. Simulation and Experiments of Material-Oriented Ultra-Precision Machining. Springer Tracts in Mechanical Engineering / eds. J. Zhang, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2019. P. 129–165.
2. Filatov Yu.D. Polishing of precision surfaces of optoelectronic device elements made of glass, sitall, and optical and semiconductor crystals: A review. J. Superhard Mater. 2020. Vol. 42, no. 1. P. 30–48.
3. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Kovalev S.V., Kovalev V.A., Effect of Interaction between Polishing Powder Particles and a Treated Material on Polishing Characteristics of Optical Surfaces. J. Superhard Materials, 2021, Vol. 43, no. 4. P. 296–302.

4. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Kovalev S.V., Kovalev V.A., [Effect of the Rheological Properties of a Dispersed System on the Polishing Indicators of Optical Glass and Glass Ceramics](#). J. Superhard Materials, 2021, Vol. 43, no. 1. P. 65–73.

5. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Kovalev S.V., Kovalev V.A., Effect of the Processed Material Structure on the Polishing Quality of Optical Surfaces. J. Superhard Materials, 2021, Vol. 43, no. 6. P. 435–443.

6. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Boyarintsev A.Y., Kovalev S.V., Garachenko V.V., Kovalev V.A., Effect of the Spectroscopic Parameters of the Processed Material and Polishing Powder on the Parameters of Polishing. J. Superhard Materials, 2022, Vol. 44, no. 1. P. 37–45.

7. Філатов Ю.Д., Сидорко В.І., Бояринцев А.Ю., Ковальов С.В., Кулич В.Г., Ковальов В.А., Юрчишин О.Я. Гарашенко В.В. Перенесення енергії між оброблюваною оптичною поверхнею та дисперсною системою при поліруванні. Збірник наукових праць «Інструментальне матеріалознавство». Вып. 24. – Київ: ІНМ ім. В.М.Бакуля, 2021.– С. 417–424.

8. Філатов Ю.Д., Сидорко В.І., Бояринцев А.Ю., Ковальов С.В., Ковальов В.А. Енергія перенесення під час взаємодії оптичної поверхні з полірувальною дисперсною системою. Надтверді матеріали, 2022, № 2. С. 58–69.

9. Dovzhenko D., Lednev M., Mochalov K., Vaskan I., Rakovich Yu., Nabiev I. Polariton-assisted manipulation of energy relaxation pathways: donor–acceptor role reversal in a tuneable microcavity. Chem. Sci. 2021. Vol. 12. P. 12794-12805.

10. Nabiev I., Strong light-matter coupling for optical switching through the fluorescence and FRET control. PhysBioSymp 2019. J. Physics: Conference Series. 2021. Vol. 2058 (012001). P. 1–7.

УДК 62-1/-9:621.9.04

О. С. Харченко, магістрант, МІТ-Н420к

С. С. Добротворський, докт. техн. наук, професор

Є. В. Басова, канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ЛОПАТКИ ПАРОВОЇ ТУРБІНИ З БАНДАЖНОЮ ПОЛКОЮ

Одним з найбільш напружених вузлів турбіни, що значною мірою визначають економічність, надійність та загальну конструктивну схему всього турбоагрегату, є лопатковий апарат. Конструкція лопатки істотно залежить від рівня наукового забезпечення проектування в питаннях аеродинаміки потоку, статичної та динамічної міцності, можливостей металургійної бази, матеріалів і існуючих технологій обробки. Вибір конструктивної форми, розмірів і матеріалу залежить від умов, в яких їм доводиться працювати, і в значній мірі визначає надійність і економічність експлуатації турбін [1].

Надійна робота лопаткового апарату визначається механічними властивостями матеріалу лопаток та бандажних зв'язків, якістю їх виготовлення та облапачування. Безаварійна та економічна робота лопаток у паровій турбіні багато в чому також залежить від напруженого стану і, отже, ступеня відбудови їхньої відмінності від небезпечних резонансних коливань. Для зниження рівня залишкових напружень у лопатках, а також для підвищення можливості їх вібраційної відбудови на диску, робочі лопатки скріплюються бандажними зв'язками. Слід зазначити, що в даний час все більш широке застосування знаходять зв'язки типу «полиця», які стикуються між собою різним ступенем натягу. Такий широкий клас бандажних зв'язків застосовується на основі досвіду, експериментальних та розрахункових досліджень. Особливо ефективно використання бандажних полиць для впливу на вібраційні напруження у робочій лопатці турбіни [2].

Метою дослідження стало визначення величин власних коливань при механічній обробці лопаткового апарату, а саме лопатки парової турбіни з бандажною полкою, та їх подальший вплив на експлуатаційну надійність виробу.

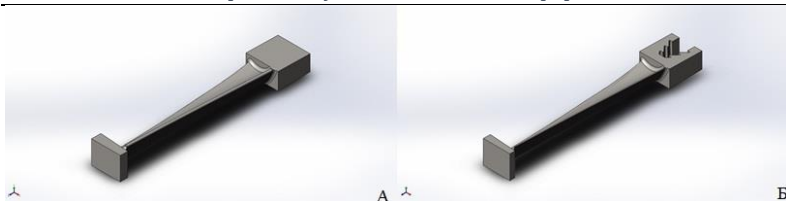


Рисунок 1 – 3D моделі: А – заготовка, Б – лопатка.

Для вирішення поставленої задачі були використані можливості сучасних цифрових технологій для машинобудівної галузі. Так для дослідження ефекту у САПР SolidWorks було створено 3D модель лопатки і заготовки (рис. 1) та проведено аналіз власних коливань лопатки, коливань лопатки під час обробки а також порівняно отримані результати досліджень власних коливань лопатки та заготовки.

В ході виконання дослідження був використаний осередок SolidWorks Simulation з метою отримання моделі можливих деформацій досліджуваних об'єктів під впливом вібрацій. У результаті були отримані графіки залежностей ефективного коефіцієнту масової участі об'єктів дослідження від їх частот власних коливань в процесі оброблення.

Список використаних джерел:

1. Шубенко А. Л., Ковальський А. Э. Каплеударная эрозия лопаточных аппаратов паровых турбин. Прогнозирование и методы защиты. Вісник НТУ "ХПИ": зб. наук. пр. 2012. № 7.
2. "Авиационные двигатели и энергетические установки". — Сост. Вьюнов С.А., Гусев Ю.И., Карпов А.В., Ковалевская А.Е., Никитин Ю.М., Саркисов А.А., Споригина Н.М., Хачатуров К.Р., Хронин Д.В. — М.: Машиностроение, 1989, с. 61-70.

УДК 631.35:633.521

О. О. Чайка, аспірант

Н. О. Толстушко, канд. техн. наук, доцент

М. М. Толстушко, канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІДБИРАЛЬНОГО АПАРАТА РУЛОННОГО ПРЕС-ПІДБИРАЧА СТРІЧКИ ЛЬОНУ

У сучасних технологіях збирання льону важливим етапом є підбирання стеблової маси з поверхні льоновища. Підбиранню різних рослинних матеріалів присвячено багато робіт [1-2], але особливістю збирання льону є виконання ряду специфічних агротехнічних вимог. Тому актуальними є пошуки нових і удосконалення відомих підбиральних апаратів льонозбиральних машин.

Для поліпшення якості підбирання стеблової маси льону удосконалено підбиральний апарат рулонного прес-підбирача та обґрунтовано параметри і режими роботи його робочих органів. Удосконалений підбиральний апарат є комбінованим за конструктивним виконанням. Він забезпечує якісне відривання стеблової маси від поверхні льоновища і транспортування цієї маси у рулонному прес-підбирачі. Проаналізовано взаємодію стеблової маси льону з робочими органами підбирального апарата рулонного прес-підбирача.

Список використаних джерел:

1. Шейченко В. О., Хайліс Г. А. Теорія і розрахунок апаратів для підбирання та обертання : монографія. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М.М., 2014. 240 с.

2. Чайка О.О. Аналіз конструкцій та роботи підбиральних апаратів машин для збирання льону / О.О. Чайка, Н.О. Толстушко, М.М. Толстушко, В.В. Сацюк, Ю.В. Булік // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник наук. праць. Вип. 71. – Луцьк: Луцький НТУ. – 2021. – С. 348 – 352.

УДК 621

В. О. Шейченко, докт., техн. наук, професор**І. А. Дудніков**, канд. техн. наук, доцент*Полтавський державний аграрний університет*

РІЗАННЯ СТЕБЕЛ ІЗ КОВЗАННЯМ

Проведеними раніше дослідженнями встановлено умови різання із ковзанням горизонтально розташованого стебла горизонтальним ножом [1]. Згідно отриманих результатів досліджень лезо повинно тиснути на стебло перпендикулярно йому і рухатися під кутом ζ до нормалі, який більше кута тертя φ . Проаналізовано і визначено межі значень кута ζ , за якого доцільно використовувати ріжучий пристрій для різання стебел із ковзанням. Відмічено, що для забезпечення різання стебла із ковзанням і з метою одночасного та раціонального скорочення часу на це ковзання леза по стеблу, доцільно операцію різання стебел проводити за значень кута ξ менше 90° .

Встановлено аналітичні залежності, якими визначено умови дотримання куту ξ_p зони бажаної дії вектора швидкості точки леза для забезпечення різання стебел із ковзанням.

Встановлено, що за умов різання матеріалів із ковзанням необхідна менша сила N у порівнянні з різанням без ковзання.

Встановлено теоретичну залежність для визначення коефіцієнта ковзання, що є мірою ковзання.

Як свідчать результати експериментальних досліджень, за різанням із ковзанням необхідна менша сила N , тобто менший нормальний тиск, ніж за різанням без ковзання. Зі збільшенням кута ζ ця сила N зменшується.

Розглянуто вплив напрямку руху вістря леза v_n ножа, що торкається стебла, в залежності від швидкості v_m руху машини. Відмічено, що за умов змінення співвідношення між швидкостями v_m і v_n необхідно враховувати, що швидкість v_n у машині важко швидко міняти. Простіше змінювати швидкість v_m . Ця швидкість v_m може змінюватися при роботі машини за бажанням механізатора, який нею керує.

Проаналізовано особливості змінення положення вектора швидкості різання стебла за умов обертання кривошипа. За такого змінення положення вектора швидкості під час кожної половини обертання кривошипу ця швидкість або направлена вперед (у

напрямку руху машини), або частково направлена вперед і праворуч, або вперед і ліворуч.

Відмічено, що швидкість різання стебла спрямована або так, щоб було різання із ковзанням або близько до такого режиму різання. Нажаль не завжди вдається реалізувати режими різання із ковзанням. Проте якщо збільшувати максимальну швидкість ножа $v_{\text{нmax}}$, то діапазон кута ξ_p різання збільшиться.

Список використаних джерел:

1. В.О. Шейченко, І.А. Дудніков, В.В. Шевчук, В.Г. Шевчук, Дослідження умов різання стебел із ковзанням / Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2021, вип. 51, с.61-69. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2021.51.61-69>.

УДК 621

В. О. Шейченко, докт., техн. наук, професор
Полтавський державний аграрний університет

В. В. Шевчук, канд. техн. наук, доцент
Уманський національний університет садівництва

Ю. Б. Скоряк, аспірант
Полтавський державний аграрний університет

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ НЕСТАЛОГО ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ВАЛКА КОНОПЕЛЬ

Відомо, що для конопель характерні два періоди стиглості. За таких умов застосовують і два строки збирання культури – на волокно (зеленець) та насіння і волокно (двобічне використання). Своєчасне збирання конопель уможливує високу якість продукції і рентабельність коноплярства. Найвищу урожайність насіння, соломи і волокна за двобічного використання уможливує збирання однодомних конопель у період дозрівання 75% насіння у більшості рослин [1-3].

Відомо, що прикінцеві ділянки валків, внаслідок їх недостатньої потужності, швидше просідають на ґрунт, більше схильні до псування, а їх підбирання і обмолочування супроводжується підвищеними втратами і дробленням насінневої частини врожаю. У ряді випадків, навіть за наявності можливостей для розвороту жнивних агрегатів за межами поля, доводиться готувати поворотну смугу зі стернею для того, щоб укласти на неї прикінцеві ділянки валків. В іншому випадку масу буде винесено за межі поля, покладено на ґрунт, що спровокує значне зростання втрат врожаю.

З огляду на існуючі особливості початкового періоду роботи жатки, пропонується метод дослідження несталого процесу формування валка. Спочатку розглядають період падіння одного стебла, потім - двох, покладених один на одного, потім - трьох, чотирьох, і т.д. Збільшуючи число стебел в вертикальному шарі до такої їх кількості, яка адекватна сталому процесу валкоутворення. Після кожного етапу такого дослідження легко знайти форму поверхні, на яку укладаються стебла подальшого вертикального шару.

Цей метод дослідження періоду розгону технологічного процесу формування валка дуже громіздкий, але принципово

найбільш точний. Він уможливило визначити основні параметри валка (ширину, товщину, профіль поперечного перерізу, орієнтацію стебел і ін.). Однак, з огляду на громіздкість цього методу його застосування буде раціональним лише у випадках необхідності детального дослідження несталого процесу валкоутворення.

Список використаних джерел:

1. Sheichenko, V., Marynchenko, I., Shevchuk, V., & Zadosnaia, N. (2019). Development of technology for the hemp stalks preparation. *Modern development paths of agricultural production: Trends and innovations* (pp. 223–232).
2. Lyalina, N., Yudicheva, O., Votchenikova, O., & Berezovskiy, Y. (2020). Prognosis applications nonnarcotic hemp based on the criterial characteristics. *Vlakna a Textil*, 27(1), 35–41.
3. Sheichenko, V., Shevchuk, V., Dudnikov, & Skibchuk, V., (2022). Development of harvesting technologies with belt accessories. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, (№1(115).2022). doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.244903>.

Є. В. Штефан, доктор техн. наук, професор

Д. І. Баранова, аспірантка

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

ПРОБЛЕМНО-ОРІЄНТОВАНІ ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ AR-ТЕХНОЛОГІЙ ПОЛІГРАФІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Сучасне поліграфічне виробництво характеризується інтенсивним впровадженням цифрового керування та комп'ютерних методів оброблення інформаційних потоків протягом всього життєвого циклу виробів з різними умовами використання [1]. Особливо це важливо для продукції з нестабільними умовами використання, для якої неврахування якихось параметрів може привести до суттєвого зниження відповідних ресурсних показників.

Застосування цифрових технологій дозволяє створювати вироби з елементами доповненої реальності, а саме використовувати AR-маркери. Для таких виробів нестабільні умови використання викликають виникнення відмов у процесі розпізнавання маркерів. Відмови мають випадковий характер і обумовлені частковими пошкодженнями маркерів (зміна розмірів та колірних параметрів), а також технологічними та функціональними умовами їх відтворення [2]. Таким чином, однією з основних проблем забезпечення якісного доступу до інформаційних ресурсів доповненої реальності є безвідмовне відтворення елементів доповненої реальності – сканування та розпізнавання зображень-маркерів. Для вирішення цієї проблеми пропонується розробити проблемно-орієнтовані засоби у вигляді інформаційної системи (ІС) контролю та управління процесами відтворення AR-маркеру з врахуванням взаємовпливу конструктивно-технологічних параметрів маркеру (розмір, деталізація, контрастність маркеру та фону), задрукованого матеріалу (колір, гнучкість, щільність, текстурність, стійкість до дії зовнішніх факторів), фарби (в'язкість, глянecь, прозорість, стійкість до дії зовнішніх факторів) та ін..

Використання ІС подібного типу дозволить підвищити надійність процесу розпізнавання маркеру доповненої реальності та визначити раціональні критерії якості розроблення AR маркеру з врахуванням найбільш вагомих факторів впливу. Використання

об'єктно-орієнтованих методів [1] дозволяє розробити ІС типу «визначення параметрів якості маркерів – засоби контролю відхилень показників AR маркеру від нормативних значень – система прогнозування довговічності виробу» (рис.1).



Рисунок 1 – Схема розроблення інформаційної системи

Список використаних джерел:

1. Штефан Є.В. Методи цифрового управління поліграфічними процесами /Є.В.Штефан, Т.А. Роїк, О.В. Зоренко, О. П. Шостачук // Технологія і техніка друкарства. – 2021. – № 2(72). – С. 54–63.
2. Baranova, D., Skyba, V., Rozum, T., & Zolotukhina, K. (2022). Ranking of Technologically Significant Factors Determining the Quality of Reproduction of Augmented Reality Elements. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(4), 115.

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕРТЯ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ З РІЗНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

В даний час при вирощуванні, збиранні та переробці льону його стебла контактують в основному з трьома видами матеріалів: металом, гумою і між собою [1]. Ці матеріали суттєво різняться за величиною модуля пружності, що призводить до різного характеру контактної деформації стебел. На контактах виникають сили тертя, які, з одного боку, забезпечують захоплення і утримання стебел при бранні, транспортуванні, розстиланні, а з іншого боку, ці сили викликають додаткові енерговитрати, зношування робочих органів машин, пошкодження стебел, що впливає на вихід довгого волокна. Тому для проектування льонозбиральних машин, а саме при силових розрахунках, при виборі матеріалу і форми робочих органів, необхідно враховувати фізико-механічні та технологічні властивості поверхневих шарів матеріалів, і процеси, що відбуваються при контакті.

Взаємодія твердих тіл при фізичних і механічних процесах, що розвиваються в зоні тертя, можна правильно оцінити тільки з урахуванням мікрогеометрії їх поверхонь. Як відомо, поверхня будь-якого геометричного тіла має макро- та мікронерівності. При контакті тіл виступи твердішої поверхні зачіпляють і розплющують нерівності м'якшої поверхні. На властивість контакту впливають мікрогеометрія твердої поверхні та механічні властивості м'якшого тіла. У цьому плані залишається маловивченою взаємодія поверхонь робочих органів машин і стебел льону.

Наука про тертя ґрунтується на уявленнях про подвійну природу фрикційної взаємодії: молекулярної та механічної [2]. Коефіцієнт тертя складається з молекулярної (адгезійної) і механічної (деформаційної) складових. Перша викликана силами молекулярного притягування, що діють між молекулами контактуючих тіл. Друга - силами опору взаємного деформування мікронерівностей контактуючих поверхонь при їх відносному зсуві, що мають в'язко-пружну або в'язко-пластичну природу.

Накопичений досвід у галузі трибології дисперсних матеріалів

свідчить про те, що адгезійна складова коефіцієнта тертя, особливо в умовах невеликого навантаження, багаторазово перевищує деформаційну. Деформаційною складовою коефіцієнта тертя при пружних деформаціях в зонах дотику можна знехтувати в порівнянні з молекулярною [2], для матеріалів, що володіють високим модулем пружності, а також при великих значеннях молекулярної складової (більше 0,3) для матеріалів, що володіють невеликим модулем пружності. Тому зазвичай під коефіцієнтом тертя мають на увазі його адгезійну складову.

Якщо при терті матеріалів, що володіють невисоким модулем пружності, використовується мастило, то деформаційної складової нехтувати не можна. Але саме це має місце при терті стебел льону об гуму та одне об одне, так як стебла і гума мають невеликий модуль пружності, а адсорбовані на поверхні стебла шари води і шар воску виконують роль мастила. Коефіцієнт тертя залежить від багатьох факторів, таких, як фізико-механічні властивості матеріалу, його вологість, наявність мастила, швидкість ковзання, величина прикладеного тиску і т. д.

Досліди по визначенню коефіцієнтів тертя стебел льону з різними матеріалами проводились в лабораторних умовах за стандартними методиками [1] не враховуючи деформаційної складової коефіцієнта тертя. Тому актуальними є досліди з моделюванням механічних впливів факторів для імітації реальних умов взаємодії робочих органів машин зі стеблами.

Список використаних джерел:

1. Хайліс Г.А., Федорусь Ю.В. Механіка рослинних матеріалів. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2004. – 302 с.
2. Буше Н.А., Демкин Н.Б., Чичинадзе А.В. и др. Основы трибологии. М.: Машиностроение. 2001. – 663 с.

УДК 621.9.06

І. Е. Яковенко, канд. техн. наук, професор

О. А. Пермяков, докт. техн. наук, професор

О. М. Бредіха, магістрант

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

РОЗРОБКА НОРМАТИВНОЇ БАЗИ КОМПОНУВАЛЬНИХ СХЕМ ПОРТАТИВНИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ CAD/CAM СИСТЕМИ

Особлива увага в сучасному верстатобудуванні приділяється створенню спеціальних портативних верстатів, які призначені в основному для виконання конкретної технологічної операції при модернізації великогабаритних вузлів, агрегатів та систем, демонтаж яких ускладнено, потребує значних витрат або неможливо в принципі. Такий підхід найбільш характерний для агрегатного принципу побудови компоувальних схем металорізальних верстатів. З іншого боку, розвиток ІТ технологій передбачає широке використання CAD/CAM систем на базі агрегатних компоувальних рішень, що значно скорочує терміни проектування.

Авторами було проведено аналіз основних технологічних операцій, методів та параметрів процесу обробки, що виконуються при ремонті та модернізації великогабаритного обладнання та існуючих компонок портативних верстатів, що реалізують розглянуті технологічні операції [1,2].

Встановлено що, порівняно зі стаціонарними верстатами мобільні портативні мають кілька важливих відмінностей.

По-перше, не заготовка доставляється до верстата, а верстат у розібраному вигляді транспортується до заготовки.

По-друге, не заготовка базується та закріплюється на верстаті, а верстат базується та закріплюється на вже існуючій деталі, разом із інструментом та системою базування.

По-третє, портативний мобільний верстат практично завжди виконує одну конкретну операцію, тобто відсутня концентрація операцій, на відміну від універсальних верстатів та стаціонарних агрегатних верстатів.

По-четверте, оскільки портативний верстат монтується безпосередньо на оброблюваній деталі його компоування має на увазі простоту транспортування, монтажу та демонтажу вузлів та

елементів при необхідності забезпечувати потрібну точність обробки.

На підставі проведеного аналізу та з урахуванням вказаних відмінностей була розроблена ієрархічна класифікація та система формального опису компоувальних рішень портативних верстатів, що дозволило розробити математичну модель синтезу компоувальних рішень таких верстатів. Ця модель заснована на принципах агрегування з максимальним використанням уніфікованих елементів.

Запропонований підхід та принципи створення формул для опису структурних схем портативних верстатів значно спрощує синтез компоувальних рішень та вибір агрегатів, уніфікованих вузлів та конструктивних елементів, що реалізують синтезовану компоновку.

Така модель є основою для створення та постійного поповнення нормативної бази агрегатів, механізмів та окремих уніфікованих елементів, що використовуються при проектуванні модульних портативних верстатів. Що, своєю чергою, з'явилося посилом до розробки CAD/CAM системи процесу проектування портативних верстатів на базі агрегатного підходу до створення верстатів розглянутого типу обладнання.

Список використаних джерел:

1. Яковенко І.Е., Шарлай В.Р. Аналіз схем компонок портативних верстатів // XV Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців» (01–03 грудня 2021р.): мат. конф. / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – с.439.

2. Яковенко І.Е., Басова Є.В., Бредиха О.М. Автоматизація вибору силових агрегатів при синтезі компонок портативних верстатів // Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 19–22 квітня 2022 р.) Суми: СумДУ, 2022 с.53-54.

УДК 621.9:048.6.

О. М. Ярошевич, аспірант

В. С. Пуць, канд. техн. наук, доцент

В. Л. Мартинюк, канд. техн. наук, доцент

М. П. Ярошевич, докт. техн. наук, професор

Луцький національний технічний університет

ВІБРАЦІЙНЕ ЗАХОПЛЮВАННЯ ОБЕРТАННЯ НЕЗРІВНОВАЖЕНОГО РОТОРА ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Вібраційна підтримка обертання неврівноваженого ротора під дією коливань осі є важливим нелінійним ефектом, що лежить в основі принципу дії низки вібраційних машин. Дослідженню ефекту присвячено велику кількість робіт. Виклад та узагальнення основних результатів досліджень наведено наприклад, у монографіях [1, 2]. Ефект успішно використовується в конусних інерційних дробарках, вібраційних грохотах, млинах та живильниках, а також у вібраційних перетворювачах руху. Отже, дослідження механізму вібраційного захоплювання обертання незрівноваженого ротора вібрацією осі становить актуальну прикладну задачу вібротехніки. Пропонована робота присвячена подальшому розвитку досліджень, наведених в працях [1-3].

Розглянуто незрівноважений ротор (інерційний віброзбудник), вісь якого здійснює задані (незалежні від обертання ротора) вертикальні гармонічні коливання, що збуджуються ідеальним джерелом енергії (рис. 1). Передбачалося, що: вісь ротора горизонтальна, а напрямок коливань перпендикулярний до осі. Обертовий момент електродвигуна враховано за допомогою статичної характеристики. Досліджено основний режим стаціонарного обертання ротора, тобто його обертання з середньою кутовою швидкістю, яка дорівнює (близька) до частоти коливань осі ротора.

Використовуючи підхід вібраційної механіки та метод прямого розділення рухів, отримуємо рівняння повільних і швидких рухів незрівноваженого ротора, а також вираз для вібраційного моменту (середнього значення додаткового динамічного моменту, який діє на незрівноважений ротор внаслідок коливань його осі).

Отримано умову існування стаціонарного режиму обертання незрівноваженого ротора с частотою вібрації осі.

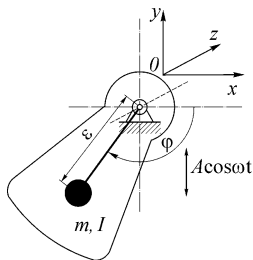


Рисунок 1 – Незрівноважений ротор, вісь якого здійснює вертикальні гармонічні коливання

Знайдено значення зсувів фаз у можливих стаціонарних режимах вібраційного захоплення обертання незрівноваженого ротора та умову стійкості таких режимів. Показано, що рівняння повільних рухів описує процес встановлення стаціонарного режиму обертання невірноваженого ротора.

Наводиться пояснення механізму вібраційного захоплення обертання незрівноваженого ротора; продемонстровано, що вібрація «намагається нав'язати» частоту своїх коливань ротору, що її вплив після встановлення стаціонарного режиму руху стає цілком однозначним – лише гальмівним або лише обертовим. Встановлено, що під час стаціонарного режиму можуть виникати порівняно повільні коливання швидкості ротора із великими початковими амплітудами. Аналітичні результати підтверджуються чисельним моделюванням процесу встановлення режиму вібраційного захоплення обертання незрівноваженого ротора, який приводиться від електродвигуна асинхронного типу.

Список використаних джерел:

1. Blekhman I.I. Vibrational mechanics – Nonlinear dynamic effects, General approach, Applications. Singapore et al.: World Scientific, 2000.
2. Блехман И.И., Ярошевич Н.П. Кратные режимы вибрационного поддержания вращения неуравновешенного ротора. Машиноведение. №6, 1989. с. 62-67.
3. Blekhman I.I., Blekhman L.I. H. Dresig and others. Selected Topics in Vibrational Mechanics. – New Jersey, London, Singapore, Hong Kong, Taipei, Chennai: World Scientific, 2003. – 427p.

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VII Міжнародної науково-технічної конференції
з проблем вищої освіти і науки

**TK-2022 «ПРОГРЕСИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ
АВТОМАТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ»**

Луцьк, УКРАЇНА
28-30 травня 2022 року

COLLECTION OF SCIENTIFIC REPORTS

of VII-th International scientific and technical conference devoted to problems
of higher education and science

**TK-2022 «PROGRESSIVE DIRECTIONS OF TECHNOLOGICAL
COMPLEXES DEVELOPMENT»**

Lutsk, UKRAINE
May 28-30, 2022

Комп'ютерний набір та верстка:

Денисюк В.Ю.

