

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІСНИК

**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

Серія «Технічні науки»

№ 2 (96), 2016

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

Київ 2016

Засновником журналу «ВІСНИК Київського національного університету технологій та дизайну» є

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Науковий фаховий журнал є правонаступником видання «Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности», який видавався з березня 1958 року у Київському технологічному інституті легкої промисловості (СРСР)

**№2 (96)
2016**

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія KB №19330–9130 ПР від 08.08.2012р.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 993 від 24.07.2002р.

Журнал входить до переліку наукових фахових видань України. Наказ МОН України від 13.07.2015 № 747 (додаток 17, рішення щодо подовження) – фаховість із технічних та економічних наук.

ISSN 1813-6796

Журнал зареєстровано в Міжнародному центрі періодичних видань (ISSN International Centre, Париж, Франція) 22.12.2004р.

Журнал реферується та індексується у наступних міжнародних базах даних: Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost, WorldCat, РИНЦ, Index Copernicus, Research Bible, SJIF, PBN, JIF, OAJI, InfoBase Index, ISI, UIF, CiteFactor, Google Scholar

Засновник і видавець:

Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, 01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченка, 2

Головний редактор:

Грищенко І.М., д.е.н., професор, член-кореспондент НАПН України

Заступник

головного редактора:

Каплун В.В., д.т.н., професор

Київський національний університет технологій та дизайну є членом Асоціації університетів текстильного профілю (Autex) з 2006 року

Київський національний університет технологій та дизайну – повний індивідуальний член Асоціації Європейських університетів (EUA) з 20 жовтня 2005 року

Тематична спрямованість журналу «Вісник КНУТД»: Мехатронні системи. Енергоефективність та ресурсозбереження. Матеріалознавство, швейне і текстильне виробництво. Метрологія та сертифікація. Технології хімічні, біологічні, фармацевтичні. Дизайн та мистецтвознавство.

Видання орієнтоване на науковців, викладачів, аспірантів, студентів, а також науково-практичних працівників і фахівців відповідних галузей промисловості.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченка, 2, корп. 1, к. 1-0252

тел./факс: +38 (044) 256-29-86

e-mail: vistnuk@knutd.com.ua

<http://vistnyk.knutd.com.ua/>

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну, протокол № 8 від 27.04.2016 р.

Матеріали друкуються мовою оригіналу. Відповідальність за переклад, достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв, назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей. Передруки та переклади статей дозволяються лише за згодою автора (-ів) та редакції.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

BULLETIN

**of the KYIV NATIONAL UNIVERSITY
of TECHNOLOGIES and DESIGN**

Technical Science Series
№ 2 (96), 2016

Scientific Specialized Edition

Issued: 6 times a year

Founded: December, 1999

Kyiv 2016

The owner of «BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design» is

KYIV NATIONAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

This Scientific Specialized Journal is the successor of the edition «Proceedings of Higher educational establishments. Technology of the light industry», which was published by Kiev Technological Institute of Light Industry from March, 1958 (USSR)

**№2 (96)
2016** The state registration of print media is KB № 19330-9130 ПП, originating date 08.08.2012

License for publishing activity is ДК №993, originating date 24.07.2002

The journal is listed & reregistered in Higher Attestation Commission of Ukraine:
- № 747, originating date 13.07.2015. Fields: technological, economical.

ISSN 1813-6796 The journal is registered in ISSN International Centre, Paris, originating date is 22.12.2004

The journal is abstracted and indexed by Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost, WorldCat, ПИИЦ, Index Copernicus, Research Bible, SJIF, PBN, JIF, OAJI, InfoBase Index, ISI, UIF, CiteFactor, Google Scholar

**Owner and
Publisher:** Kyiv National University of Technologies and Design
Ukraine, 01011, Kyiv, 2, Nemyrovych-Danchenka, Str.

Editor-in- Chief: **Ivan M. Gryshchenko** - Dr., professor, Corresponding Member of NAPS of Ukraine

Deputy Editor: **Viktor V. Kaplun** - Dr., professor

Kyiv National University of Technologies and Design is the member of the Association of Universities for Textiles (AUTEX) since 2006

Kyiv National University of Technologies and Design is the general member of European University Association (EUA) since 20 October, 2005

Scientific fields: Mechatronic Systems. Energy Efficiency & Resource Saving. Materials Science. Textile and Apparel Manufacturing. Metrology, testing and quality certification. Chemical, Biological & Pharmaceutical Technologies, Design & Art Appreciation.

The journal is aimed at a wide range of researchers, professors, students, and graduate students and to bring the results of scientific research carried out under a variety of intellectual traditions and organizations of procedures to the attention of a specialized readership.

EDITORIAL OFFICE:

01011, Ukraine, Kyiv, 2, Nemyrovych-Danchenka, Str., office 1-252

Tel./fax: +38 (044) 256-29-86

e-mail: vistnuk@knutd.com.ua

<http://vistnyk.knutd.com.ua/>

Recommendations from Science Council of Kyiv National University of Technologies and Design, Protocol № 8, originating date 27.04.2016

Articles are published in the original language. The authors are responsible for the translation, authenticity of facts, quotations, proper names, geographic names, names of enterprises and other information.

The Editorial Office's and author's consent is needed prior to republishing or translating the articles.

ЗМІСТ

**МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ.
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ**

1.	Зенкіна С.М., Панасюк І.В. Чорнобильська катастрофа у призмі часу, її причини та наслідки.....	11
2.	Дворжак В. М. Схемотехнічне моделювання кінематичних схем просторових чотириланкових кривошипно-коромислових механізмів технологічних машин.....	18
3.	Кошель С.О., Кошель Г.В. Структурний аналіз плоских механізмів четвертого класу з замкненим контуром, утвореним трьома шатунами та коромислом.....	27
4.	Здоренко В.Г., Защепкіна Н.М. Ефективність використання відцентрової фрикційної муфти для зниження динамічних навантажень в приводі в'язальних машин.....	34
5.	Резанова В.Г. Перетворення задачі оптимізації при дослідженні чотирикомпонентних сумішей полімерів.....	40
6.	Каплун В.В., Павлов П.А., Штепа В.Н. Ресурсно-процесний підхід к построению математической модели микроэнергетической системы.....	48
7.	Калинина Т.А., Лазарева Д.В., Потапенко А.И. Проектирование и расчет композитных пластин с использованием пакета ANSYS.....	61
8.	Чучмай А.М., Балдук П.Г., Сурьянинов Н.Г. Расчет кессонных перекрытий численно-аналитическим методом граничных элементов.....	68
9.	Максимов С.А., Сункуев Б.С., Беляев А.А., Петухов Ю.В. Оптимизация режимов обработки пластин ПВХ по критериям точности и производительности.....	77
10.	Кругий Ю.С., Сурьянинов Н.Г. Аналитическое решение задачи устойчивости стержня с произвольной непрерывной переменной жесткостью при идеальных граничных условиях.....	88
11.	Піпа Б.Ф., Плешко С.А., Ковальов Ю. А. Динамічні процеси в голці в'язальної машини, зумовлені інерційними навантаженнями.....	104
12.	Голубєв Л.П., Макатьора Д.А. Розробка автоматизованої системи визначення спеціальності навчання за результатами ЗНО.....	113
13.	Музичишин С.В., Піпа Б.Ф. Установка для експериментальних досліджень впливу пристрою зниження динамічних навантажень на динаміку пуску круглов'язальної машини.....	121
14.	Лісовець С.М. Аналіз розповсюдження акустичних хвиль методом FDTD через межу розділу двох середовищ.....	128

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО, ШВЕЙНЕ ТА ТЕКСТИЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО. МЕТРОЛОГІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ

15. **Супрун Н.П., Бричка С.Я.** Формування нанорозмірних часток срібла в нетканих полотнах для ранових покриттів на базі шовкових волокон..... 134
16. **Зенкін А.С., Назаренко І.В., Кудрявцева А.А., Балаболова Ю.В.** Системний підхід оцінювання ризиків на конкурентоспроможність молокопереробних підприємств..... 141
17. **Василенко М.П., Василенко В.М.** Розробка методу визначення комфортності текстильних матеріалів на основі власних електромагнітних випромінювань..... 148
18. **Волівач А.П., Хімичева Г.І.** Застосування європейських стандартів забезпечення якості освіти для підвищення загальних компетентностей студентів..... 154
19. **Єфременкова Н. А.** Оцінка якості як складова комплексного підходу до підвищення якості швейних виробів..... 166
20. **Романюк Є.О.** В'язані сітки для хірургії..... 172

ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНІ, БІОЛОГІЧНІ, ФАРМАЦЕВТИЧНІ

21. **Коляда М.К., Плаван В.П., Сафранов Т. А., Мельник К.С.** Розробка методу утилізації колагенвмісних відходів рибопереробної промисловості..... 177
22. **Сеник І. В., Барсуков В. З., Короташ І.В., Крюкова О. А.** Вплив різних вугле-графітових добавок на характер електромагнітних втрат полімерних композитів..... 183
23. **Плаван В.П., Охмат О.А., Качоровська О.П.** Застосування комплексних сполук хрому для удосконалення технології фарбування хутрової овчини..... 189

ДИЗАЙН ТА МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

24. **Кукош Ю.С., Николаєва Т. В.** Композиційні характеристики роботи дизайнера в проектуванні тематичного художнього образу для «vogk-shop»..... 197
25. **Джалилиан Ф., Богущко А. А., Николаєва Т. В.** Разработка конструктивных параметров жилета на основе национального иранского костюма..... 204

УДК 621.311.25:
621.039.586

ЗЕНКІНА С.М., ПАНАСЮК І.В.
Київський національний університет технологій та дизайну

ЧОРНОБИЛЬСЬКА КАТАСТРОФА У ПРИЗМІ ЧАСУ, ЇЇ ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ

2016-й рік Указом Президента України оголошено роком вшанування учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС і пам'яті жертв Чорнобильської катастрофи (Указ Президента України № 702/2015 «Про заходи у зв'язку з 30-ми роковинами Чорнобильської катастрофи», від 14.12.2015 р.).



26 квітня виповнилося 30 років від дня найбільшої в світовій історії техногенної катастрофи – аварії на Чорнобильській атомній електростанції (АЕС), яка у зв'язку з негативним впливом на здоров'я населення та навколишнє середовище одержала назву «Чорнобильська катастрофа».

Чорнобильська АЕС збудована в 1976 році, розташована на території Київської області на відстані 2 км від міста Прип'ять, поблизу кордону з Білоруссю і близько 110 км на північ від Києва. Вона мала чотири реактори, кожен з яких був здатен виробляти до тисячі мегават електроенергії.

Аварія на Чорнобильській АЕС трапилась 26 квітня 1986 року.

Напередодні, увечері 25 квітня, група інженерів проводила випробування на одному з турбогенераторів 4-го блоку, метою якого була перевірка спроможності генератора виробляти енергію в період знеструмлення станції. Під час експерименту контрольні пристрої були відключені. Потужність реактора знизилась на 7% від норми. Робота реактора в цій ситуації стала нестабільною і неконтрольованою, а спроба відновити стандартний режим його роботи – запізнілою і 26 квітня 1986 року о 1 год 23 хв 45 с на 4-у реакторі пролунали два вибухи. Вони були не ядерними, а хімічними, як наслідок перегріву реактора і накопичення великої кількості газів, що з'явилися під час неконтрольованої реакції. Потужність вибухів була настільки великою, що було зруйновано стальну і свинцеву обшивку реактора, деформована графітова кладка активної зони, в повітря піднялось більше

60 тон радіоактивних матеріалів. Відбулося виверження найбільшого радіоактивного вулкана у світі, справжнього монстра.



Рис.1. Зал керування 4-м енергоблоком ЧАЕС (фото до катастрофи)



Рис.2. Зовнішній вигляд ЧАЕС з вертольоту після катастрофи

Отже, сьогодні можна виділити кілька основних причин аварії:

1. Реактор мав технічні прорахунки та недоліки ще на етапі проектування та будівництва;
2. Обслуговуючий персонал не був поінформований про небезпеки реактора;
3. Персонал припустився ряду помилок під час експерименту і порушив існуючі інструкції;
4. Відключення захисту не дозволило своєчасно оцінити небезпеку та зупинити експеримент.

Інформація про аварію на ЧАЕС замовчувалася. Вперше, 28 квітня 1986 року (через 2 дні після аварії) в 21.00 ТАРС передало коротке інформаційне повідомлення про нещасний випадок на Чорнобильській АЕС. Виявилося, що є постраждалі і створена урядова комісія для розслідування події. Потім були і інші короткі повідомлення. Але інформації щодо рівня небезпеки і масштабів аварії населення не знало.

Радіоактивна хмара, що утворилася в результаті аварії, пройшла над європейською частиною колишнього СРСР (Україна, Білорусь, Росія), Східної Європи, Скандинавії, Великобританії і східною частиною США.

Радіонуклідами було забруднено понад 145 тис. кв. км територій – це близько 5 тисяч населених пунктів; з них в Україні – 2218 селищ і міст з населенням приблизно 2,4 млн. осіб [4, 7].

Таблиця 1

Площа лісів, що забруднені ^{137}Cs (км²)

Країна	Щільність забруднення, кБк/м ²				Всього
	37 - 185	185 - 555	555 - 1480	> 1480	
Білорусь	13970	3194	2162	789	20115
Україна	10880	1010	313	95	12300
Росія	8650	1040	290	20	10000

Значна кількість радіоактивних речовин потрапила в навколишнє середовище, це зокрема ізопаи урану, плутонію, йоду, цезію, стронцію (період напіврозпаду яких складає від кількох діб до тисяч років).

За розрахунками експертів, сумарний вихід радіоактивних матеріалів становив 50 млн. кюрі, що прирівнюється до наслідків вибухів 500 атомних бомб, скинутих в 1945 році на Хіросіму [7].

Викид спричинив радіоактивне забруднення значної частини сільськогосподарських угідь: продукти рослинного і тваринного походження стали непридатними для споживання, їх довелося знищити.

На жаль, плану конкретних дій ліквідації аварії не було, ситуація застала всіх зненацька і невідготовлені до неї працівники ЧАЕС, вчені, урядові органи, внаслідок недооцінки ситуації і з метою запобігання паніки серед населення применшували тяжкість і небезпеку катастрофи у багато разів.

Пожежники, які першими прибули на місце катастрофи, не мали навіть ізолюючих протигазів - їх просто не попередили про особливості ситуації. 28 пожежників Чорнобильської АЕС (В. Ігнатенко, М. Ващук, В. Тішура, М. Титенок та інші), що героїчно і самовіддано боролися з ядерною стихією, ціною власного життя і здоров'я, на 5-у годину ранку 26 квітня зупинили пожежу та ліквідувати основні джерела займання. Потім у ліквідації наслідків аварії взяли участь сотні тисяч людей, армія, наукові установи, міністерства.

Спочатку застосовувалися протипожежні заходи, основною задачею яких було перекрити шахту реактора негорючими матеріалами. Для цього з вертольотів на реактор було скинуто 4 тисячі тон піску, бору, глини, свинцю тощо.



Рис. 3. Пожежні розрахунки працюють на місці аварії ЧАЕС



Рис.4. Пожежні фотографуються на фоні зруйнованого реактора без засобів захисту

Також проводилося прибирання забруднених предметів і територій (сміття, устаткування), вивезення їх на спеціально відведений огорожений майданчик і покриття сумішшю, що утворює плівку.



Рис. 5. Знезараження прилеглої до
ЧАЕС території з вертольотів



Рис.6. Солдати строкової служби Радянської
Армії працюють на прибиранні заражених
матеріалів на даху ЧАЕС

Виконувалася важлива робота з дезактивації неушкоджених блоків. Навколо АЕС було знято і вивезено до 10 см ґрунту, вирубано забруднений ліс тощо.

Техніка, яка використовувалася для ліквідації наслідків аварії (військові машини, вертольоти, ескаватори, машини з дистанційним керуванням тощо), кораблі, в яких перший час проживали ліквідатори, залишилися поблизу АЕС як безнадійно забруднені радіонуклідами та не придатні до подальшого використання. Ціле кладовище!



Рис. 7. «Кладовище» військової та
цивільної техніки, яку її було задіяно під
час ліквідації аварії



Рис. 8. «Кладовище» кораблів-готелів,
у яких проживали ліквідатори аварії
на ЧАЕС (р. Прип'ять)

Населення тридцятикілометрової зони навколо АЕС, а це більше 100 тис. чоловік було евакуйовано згідно Концепції проживання населення на радіоактивно забруднених територіях відповідно до Постанови Верховної Ради Української РСР «Про Концепцію проживання населення на територіях Української РСР з підвищеними рівнями радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» [4].

Мета Концепції полягала у зменшенні негативного впливу Чорнобильської катастрофи на здоров'я населення.

Свідки розповідають, що евакуація почалася після того як по місцевому радіо повідомили населенню певних населених пунктів необхідно взяти саме цінне, речі та

продукти харчування на три дні, вийти на вулицю о 15.00. Так розпочалася одне із найбільших переселень минулого століття і формування зони відчуження.



Рис. 9. Евакуація населення тридцятикілометрової зони навколо ЧАЕС

Територія зони була загороджена, вхід на неї заборонений і сьогодні. Дозиметричний контроль і захисні заходи проводяться й удосконалюються донині.

За межами тридцятикілометрової зони також проводилися заходи залежно від щільності радіоактивного забруднення ґрунту.

- дозиметричний контроль води, харчових продуктів, повітря, пилю, відходів;
- санітарно-освітня робота серед населення, особливості гігієни сім'ї в умовах радіації;
- миття вулиць, будинків, дерев тощо;
- у перші тижні після вибуху рекомендувалося приймати незначні кількості калію йодиду як радіопротектора, що запобігає нагромадженню радіоактивного йоду в щитоподібній залозі. Але ці рекомендації були запізнилими;
- заборонялося спалювати опале листя з дерев і голки з хвойних дерев збирали і вивозили за межі населених пунктів у могильники.

У середині травня 1986 року з метою довготривалої консервації 4 блоку ЧАЕС та запобігання надходження радіонуклідів у навколишнє середовище руками сотень тисяч добровольців та мобілізованих солдатів було збудовано Саркофаг - об'єкт «Укриття». Чорнобильська АЕС була знову введена в експлуатацію.

Однак великі пожежі і аварії в 1991 та в 1996 роках призвели до зупинення спочатку другого, а потім і першого реактора. Зупинка останнього 3-го реактору відбулася 15 грудня 2000 року і Чорнобильської АЕС повністю припинила свою роботу.

Минуло вже 30 років від того часу, але під саркофагом і сьогодні тривають некеровані радіоактивні процеси, а його стіни дали великі тріщини і потребують капітального ремонту.

Як же вплинуло опромінення на здоров'я ліквідаторів?

Сьогодні відомо, що участь у ліквідації наслідків Чорнобильської АЕС взяло близько 600 тис. чол., 364 тис. з них – українці. Середня ефективна доза зовнішнього опромінення у 1986-1987 рр. у 8 разів перевищувала ліміт ефективної дози. Протягом перших 90 діб у 1986 р. померли 28 осіб, з 1987 по 2005 роки померло ще 29 чоловік. 401 ліквідатор захворів на гостру променеву хворобу, у 24 чоловік була виявлена радіаційна катаракта [5-7].

Значно зросла кількість випадків раку щитоподібної залози, лейкемій, а також солідних пухлин. Відзначалося погіршення здоров'я майже за усіма класами хвороб, психічні розлади. Значно зросла кількість інвалідів.

Що стосується здоров'я в'сього населення України, потрібно зазначити, що Чорнобильська катастрофа призвела до опромінення ~4 млн чол [4, 5]. Медики відзначають драматичне зростання захворюваності на рак щитоподібної залози тих, хто був опромінений ще у дитячому віці (0-18 років) [5, 6].

Також виявлено затримку фізичного розвитку дітей з радіоактивно забруднених територій, зниження рівня їх інтелекту, погіршення соматичного і психічного здоров'я, збільшення ускладнень вагітності, вроджених вад. Зросла онкогенна захворюваність серед населення тощо [3, 4].

А що ж сьогодні в зоні відчуження? Пустка... Пустка – там, де колись вирувало життя!

Прошло 30 років. Сьогодні ми маємо: тисячі спотворених долей - скалічені життів, загублене здоров'я, втрачені та забруднені території і пам'ятники ліквідаторам наслідків Чорнобильської катастрофи у різних містах і країнах ...

Які ж висновки та в роки Чорнобильської катастрофи?

- масштаби Чорнобильської аварії виявились непомірно великими, на подолання яких були витрачені і досі витрачаються величезні ресурси;
- значні території надовго втрачені для звичайної господарської діяльності;
- переселенці втратили свої рідні обійстя;
- аварія завдала масштабного удару ядерній енергетиці в усьому світі, на багато років загальмувала її розвиток;
- відповідальність за безпеку національної ядерної енергетики переросла у відповідальність перед світовим співтовариством.



а



б



в



д

Рис. 10. Пам'ятники ліквідаторам аварії на ЧАЕС: поряд з 4-м енергоблоком (а); м. Чорнобиль, Україна (б); м. Мінськ, Білорусь (в); м. Москва, Росія (д)

Аналіз події, що відбулась 26 квітня 1986 року на Чорнобильській АЕС показав, що головне – це винесення уроків для ядерної безпеки сьогодні та у майбутньому, запобігання самій можливості повторення аварії з такими серйозними радіологічними наслідками.

Список використаних джерел

1. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97/2000-Д) :Постанова Головного державного санітарного лікаря України № 62 від 01.12.97 р. – [Чинний від 01.01.98 р.]. – К.: Міністерство охорони здоров'я, 2005. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2402#ixzz2W0B8qvхu>. – (Постанова Головного державного санітарного лікаря України)..
2. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Наказ МОЗ України № 54 від 02.02.2005 р. – [Чинний від 20.05.2005 р.]. – К.: Міністерство охорони здоров'я, 2005. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05>. – (Наказ МОЗ України).
3. Закон України«Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи»: Постанова Верховної Ради Української РСР № 796-ХІІ від 28.02.1991 р. – [Чинний від 28.02.1991 р.]. – К.: Верховна Рада Української РСР, 1991.– [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/796-12>. – (Постанова Верховної Ради Української РСР).
4. Про Концепцію проживання населення на територіях Української РСР з підвищеними рівнями радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи: Постанова Верховної Ради Української РСР № 791-ХІІ від 27.02.1991 р. – [Чинний від 27.02.1991 р.]. – К.:Верховна Рада Української РСР, 1991.–[Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/791-12>. – (Постанова Верховної Ради Української РСР).
5. Проблеми Чорнобиля. Науково–технічний збірник.– Чорнобиль, 2002.– Випуск 10. У двох частинах.– Ч.2. - 385с.
6. Мащенко М.П., Мечов Д.С., Мурашко В.О. Радіаційна гігієна.- Харків: Інститут монокристалів, 1999.- С.251-294.
7. Кириллов В. Ф., Книжников В. А., Коренков И. П. Радиационная гигиена.- М.: Медицина, 1988.- С. 136-176.

УДК 677.055, 685.34.
055.473, 687.053

ДВОРЖАК В. М.
Київський національний університет технологій та дизайну

СХЕМОТЕХНІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ СХЕМ ПРОСТОРОВИХ ЧОТИРИЛАНКОВИХ КРИВОШИПНО- КОРОМИСЛОВИХ МЕХАНІЗМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН

Мета. Вдосконалення методів проектування цільових механізмів технологічних машин легкої промисловості із застосуванням прикладних CAD-програм.

Методика. Використаний аналітичний метод векторного розрахунку просторових чотириланкових кривошипно-коромислових механізмів технологічних машин.

Результати. Отримані математичні моделі, що описують функції положення рухомих ланок та характерних точок просторового чотириланкового кривошипно-коромислового механізму з двома обертальними та двома сферичними кінематичними парами. Виконано схемотехнічне моделювання вказаного механізму, побудовані 3-D графіки візуалізації та анімації кінематичної схеми в прикладній програмі Mathcad.

Наукова новизна. Запропонований аналітичний метод дослідження просторових шарнірно-важільних механізмів на основі векторного перетворення координат, за допомогою якого створені математичні моделі та проведено схемотехнічне комп'ютерне моделювання типового просторового чотириланкового кривошипно-коромислового механізму з довільним розташуванням осі коромисла в прикладній CAD-програмі Mathcad.

Практична значимість роботи полягає у використанні одержаних результатів досліджень при проектуванні та кінематичному дослідженні цільових типових просторових механізмів швейних машин та основов'язальних машин.

Ключові слова: просторовий механізм, кривошипно-коромисловий механізм, векторний метод розрахунку, схемотехнічне проектування.

Вступ. У технологічних машинах легкої промисловості широко використовуються просторові шарнірно-важільні механізми для приводу робочих органів. Наприклад, просторовий чотириланковий кривошипно-коромисловий механізм використовується для приводу голки та петельника у швейних машинах оверлоках [1], у підшивочних швейних машинах [1], у ткацьких верстатах для приводу ремізопідйомної каретки [2] тощо.

Повсюдна комп'ютеризація та поява різних CAD-програм визначає провідне становище аналітичних методів дослідження механізмів машин. У технічній літературі описані різні методи математичного моделювання просторових механізмів, зокрема і векторний метод, описаний в роботах [3, 4], який дозволяє представити ланки механізму у вигляді вільних векторів, а характерні точки механізму (кінематичні пари, центри мас ланок тощо) у вигляді радіус-векторів. Таке векторне представлення просторового механізму дає змогу моделювати його кінематичну схему в прикладних CAD-програмах (наприклад, Mathcad) з використанням матриць перетворення (повороту, зсуву, масштабування) [4, 5, 6, 7], що значно спрощує процес моделювання механізму. Застосування програми Mathcad дозволяє проводити паралельні розрахунки кінематичних параметрів, здійснювати візуалізацію та анімацію кінематичної схеми механізму тощо [6, 7].

Тому розробка методів комп'ютерного моделювання механізмів технологічних машин

та застосування для цього сучасних прикладних комп'ютерних програм є своєчасним завданням.

Постановка завдання. Таким чином, завданням цього дослідження є створення математичних моделей, які описують функції положення рухомих ланок та характерних точок просторового чотириланкового кривошипно-коромислового механізму загального виду на основі аналітичного методу векторного перетворення координат; створення програмного коду на основі вказаних математичних залежностей; проведення схематичного моделювання кінематичної схеми з побудовою графіків візуалізації та анімації в прикладній програмі Mathcad.

Результати дослідження. Введемо праву систему координат (ПСК). Зазвичай в технологічних машинах галузі робочі органи отримують рух від механізмів, ведучі ланки яких закріплюються на головному валові. Отже вісь X спрямуємо вздовж осі головного вала, як зображено на рис. 1, вісь Y – вертикально вгору, а вісь Z спрямуємо так, щоб утворилась права система координат. Початок координат виберемо в точці P_1 .

Визначаємо вектор-ланку кривошип $P_{1,2}$, використовуючи обчислювальний блок функції користувача $Turn(V, V_0, \alpha, r)$ в Mathcad для 3-D повороту вектора [8]:

$$Proj(V, V_0) := V \cdot Ort(V_0) \cdot Ort(V_0), \quad (1)$$

$$Norm(V, V_0) := V - Proj(V, V_0), \quad (2)$$

$$Turn(V, V_0, \alpha, r) := \begin{pmatrix} Proj(V, V_0) + Norm(V, V_0) \cdot \cos(\alpha) \\ + Ort(V_0) \times Norm(V, V_0) \cdot \sin(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \frac{r}{|V|}, \quad (3)$$

де V – вектор, що повертається; цим вектором є орт осі Y – $e_Y := (0 \ 1 \ 0)^T$ (верхній індекс T вказує на транспонування матриці-рядка);

V_0 – вектор, навколо якого здійснюється поворот вектора V ; цим вектором є орт осі X – $e_X := (1 \ 0 \ 0)^T$;

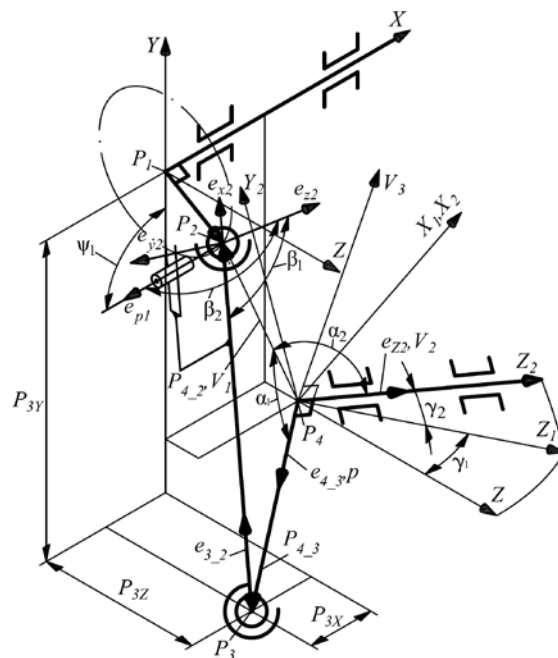


Рис. 1. Розрахункова схема просторового чотириланкового механізму

α – кут повороту вектора V ; цим кутом є кут f_1 повороту кривошипа, який

відраховується від осі Y ; при обертанні кривошипа проти годинникової стрілки (якщо дивитися з кінця осі X) кут f_1 має додатне значення, при обертанні кривошипа за годинниковою стрілкою – від’ємне;

r – довжина вектора V після повороту; відношення $\frac{r}{|V|}$ у виразі (3) є масштабним коефіцієнтом, який визначає довжину вектора V після його повороту;

$$Ort(V_0) – функція для визначення орта вектора V_0 ; $Ort(V_0) = \frac{V}{|V_0|}$.$$

Отже, вектор-ланка кривошип P_{1_2} визначатиметься таким виразом:

$$P_{1_2}(f_1) := Turn(e_Y, e_Y, f_1, l_{1_2}). \quad (4)$$

У виразі (4) кут повороту кривошипа описується дискретною змінною f_1 (*range variable*), яка змінюється від початкового значення f_0 до кінцевого значення f_{\max} з кроком Δf_1 :

$$f_1 := f_0, f_0 + \Delta f_1, \dots, f_{\max}. \quad (5)$$

Радіус-вектор кінематичної пари P_2 визначаємо на основі афінних перетворень:

$$P_2(f_1) := P_1 + P_{1_2}(f_1). \quad (6)$$

Визначаємо змінний вектор P_{4_2} як різницю радіус-векторів P_2 та P_4 :

$$P_{4_2}(f_1) := P_2(f_1) - P_4. \quad (7)$$

Прийmemo, що лінія коромисла (на кінематичній схемі механізму на рис. 1 – це лінія, що з’єднує точки P_4 та P_3) перпендикулярна до його осі коливання. В технологічних машинах галузі зустрічаються різні випадки розміщення осі коливання коромисла. Наприклад, в механізмі петельників швейної машини конструктивно-уніфікованого ряду КУР-51 [1], або в механізмі голки швейної машини КУР-85 [1] вісь коливання коромисла розміщується вздовж осі Z , а в механізмі голки швейної машини КУР-51 вісь коливання коромисла розміщується в площині YZ під кутом до осі Y . Щоб врахувати варіанти виконання механізмів введемо систему координат ПСК-2, в якій вісь коливання коромисла співпадає з віссю Z_2 . Приймемо, що для отримання осі Z_2 потрібно спочатку повернути ПСК на кут γ_1 навколо осі Y до суміщення з ПСК-1, а потім – ПСК-1 на кут γ_2 навколо X_1 до суміщення з ПСК-2. Якщо повороти навколо відповідних осей здійснюються проти годинникової стрілки, то значення кутів γ_1 та γ_2 додатні, якщо ж за годинниковою стрілкою – від’ємні.

Визначаємо орт осі коливання коромисла, e_{z2} який отримується в результаті вказаних вище поворотів ПСК:

$$e_{z2} := T_Y(\gamma_1) \cdot T_X(\gamma_2) \cdot e_Z, \quad (8)$$

де $T_Y(\gamma_1)$ та $T_X(\gamma_2)$ – матриці повороту розміром 3×3 (нижні індекси X та Y в позначенні матриці вказують навколо яких осей координат здійснюється поворот):

$$T_Y(\gamma_1) := \begin{pmatrix} \cos(\gamma_1) & 0 & \sin(\gamma_1) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\gamma_1) & 0 & \cos(\gamma_1) \end{pmatrix}; \quad T_X(\gamma_2) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\gamma_2) & -\sin(\gamma_2) \\ 0 & \sin(\gamma_2) & \cos(\gamma_2) \end{pmatrix}, \quad (9)$$

e_Z – орт осі Z , компоненти якого збігаються з координатами орта e_{z2} осі Z_2 в ПСК-2, тобто $e_Z := (0 \ 0 \ 1)^T$.

Для визначення радіус-вектора P_3 , який характеризує кінематичну пару шатун-коромисло, скористаємося векторним методом розрахунку просторових кривошипно-коромислових механізмів (ПККМ) з [4]. Складемо програмний код функції користувача в Mathcad для опису орта p коромисла в загальному випадку:

$$\begin{array}{l}
 V_3 \leftarrow V_1 \times V_2 \quad \text{рядок 1} \\
 Proj_V_1 \leftarrow |V_1| \cdot \cos(\alpha_1) \quad \text{рядок 2} \\
 Proj_V_2 \leftarrow |V_2| \cdot \cos(\alpha_2) \quad \text{рядок 3} \\
 B_1 \leftarrow V_{2z} \cdot Proj_V_1 - V_{1z} \cdot Proj_V_2 \quad \text{рядок 4} \\
 B_2 \leftarrow V_{1y} \cdot Proj_V_2 - V_{2y} \cdot Proj_V_1 \quad \text{рядок 5} \\
 p_x \leftarrow \frac{\left(- (V_{3y} \cdot B_1 + V_{3z} \cdot B_2) \dots \right.}{\left. + W \cdot \sqrt{(V_{3y} \cdot B_1 + V_{3z} \cdot B_2)^2 \dots} \right)}{\left(|V_3| \right)^2} \quad \text{рядок 6} \\
 p_y \leftarrow \frac{p_x \cdot V_{3y} + B_1}{V_{3x}} \quad \text{рядок 7} \\
 p_z \leftarrow \frac{p_x \cdot V_{3z} + B_2}{V_{3x}} \quad \text{рядок 8} \\
 p \leftarrow \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix} \quad \text{рядок 9} \quad , (10)
 \end{array}$$

В рядку 1 програмного коду (10), згідно з векторним методом розрахунку ПККМ [4], визначається векторний добуток двох векторів V_1 та V_2 . В рядках 2 та 3 визначаються проекції векторів V_1 та V_2 на напрямок орта p . Кути α_1 та α_2 визначають нахил до орта p відповідних векторів V_1 та V_2 . Параметри B_1 та B_2 в рядках 4 та 5 відповідно до векторного методу [4] визначаються таким чином. Запишемо в розгорнутому вигляді скалярні добутки векторів V_1 з p та V_2 з p , враховуючи те, що $|p|=1$:

$$V_1 \cdot p = V_{1x} \cdot p_x + V_{1y} \cdot p_y + V_{1z} \cdot p_z = |V_1| \cdot |p| \cdot \cos(\alpha_1) = |V_1| \cdot \cos(\alpha_1) = Proj_V_1, \quad (11)$$

$$V_2 \cdot p = V_{2x} \cdot p_x + V_{2y} \cdot p_y + V_{2z} \cdot p_z = |V_2| \cdot |p| \cdot \cos(\alpha_2) = |V_2| \cdot \cos(\alpha_2) = Proj_V_2. \quad (12)$$

З виразів (11) та (12) виразимо p_y та p_z :

$$p_y = \frac{p_x \cdot (V_{1z} \cdot V_{2x} - V_{2z} \cdot V_{1x}) + [V_{2z} \cdot Proj_V_1 - V_{1z} \cdot Proj_V_2]}{(V_{1y} \cdot V_{2z} - V_{2y} \cdot V_{1z})}, \quad (13)$$

$$p_z = \frac{p_x \cdot (V_{1x} \cdot V_{2y} - V_{2x} \cdot V_{1y}) + [V_{1y} \cdot Proj_V_2 - V_{2y} \cdot Proj_V_1]}{(V_{1y} \cdot V_{2z} - V_{2y} \cdot V_{1z})}. \quad (14)$$

У виразах (13) та (14) в чисельниках другі доданки в квадратних дужках позначимо відповідно параметрами $B_1 = V_{2z} \cdot Proj_{-V_1} - V_{1z} \cdot Proj_{-V_2}$ та $B_2 = V_{1y} \cdot Proj_{-V_2} - V_{2y} \cdot Proj_{-V_1}$; ці параметри записані в рядках 4 та 5 програмного коду (10). З урахуванням цього можна записати:

$$p_Y = \frac{p_X \cdot (V_{1z} \cdot V_{2x} - V_{2z} \cdot V_{1x}) + B_1}{(V_{1y} \cdot V_{2z} - V_{2y} \cdot V_{1z})}, \quad p_Z = \frac{p_X \cdot (V_{1x} \cdot V_{2y} - V_{2x} \cdot V_{1y}) + B_2}{(V_{1y} \cdot V_{2z} - V_{2y} \cdot V_{1z})}$$

З урахуванням компонентів векторного добутку векторів V_1 та V_2 :

$$V_3 = V_1 \times V_2 = \begin{pmatrix} V_{3x} \\ V_{3y} \\ V_{3z} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{1y} \cdot V_{2z} - V_{2y} \cdot V_{1z} \\ V_{1z} \cdot V_{2x} - V_{2z} \cdot V_{1x} \\ V_{1x} \cdot V_{2y} - V_{2x} \cdot V_{1y} \end{pmatrix}, \quad (15)$$

вирази (13) та (14) можна переписати таким чином:

$$p_Y = \frac{p_X \cdot V_{3y} + B_1}{V_{3x}}, \quad (16)$$

$$p_Z = \frac{p_X \cdot V_{3z} + B_2}{V_{3x}}. \quad (17)$$

Отже у виразах (16) та (17) ми отримали відповідно другий та третій компоненти орта p , які записані в рядках 7 та 8 програмного коду (10).

Перший компонент орта p , який записаний в рядку 6, згідно з векторним методом розрахунку ПККМ [4], визначається із розгорнутого запису скалярного квадрата орта p , що дорівнює одиниці, з підстановкою до нього виразів (16) та (17) та розв'язку отриманого квадратного рівняння відносно p_X , тобто:

$$p_X^2 + p_Y^2 + p_Z^2 = 1 \Rightarrow p_X^2 + \left(\frac{p_X \cdot V_{3y} + B_1}{V_{3x}} \right)^2 + \left(\frac{p_X \cdot V_{3z} + B_2}{V_{3x}} \right)^2 = 1, \quad (18)$$

звідки

$$\left((V_{3x})^2 + (V_{3y})^2 + (V_{3z})^2 \right) \cdot p_X^2 + 2 \cdot (V_{3y} \cdot B_1 + V_{3z} \cdot B_2) \cdot p_X + (B_1^2 + B_2^2 - (V_{3x})^2) = 0. \quad (19)$$

У рівнянні (19) множник при p_X^2 є скалярним квадратом вектора V_3 , з урахуванням чого це рівняння можна переписати таким чином:

$$\left(|V_3|^2 \right) \cdot p_X^2 + 2 \cdot (V_{3y} \cdot B_1 + V_{3z} \cdot B_2) \cdot p_X + (B_1^2 + B_2^2 - (V_{3x})^2) = 0, \quad (20)$$

звідки

$$p_X = \frac{-(V_{3y} \cdot B_1 + V_{3z} \cdot B_2) + W \cdot \sqrt{(V_{3y} \cdot B_1 + V_{3z} \cdot B_2)^2 - (|V_3|^2) \cdot (B_1^2 + B_2^2 - (V_{3x})^2)}}{(|V_3|^2)}, \quad (21)$$

У рівнянні (21) параметр W визначає конструктивно правильне складання механізму і може приймати значення «+1», або «-1».

В останньому рядку 9 програмного коду (10) записаний орт p у вигляді матриці-стовпця з компонентами p_X , p_Y , та p_Z . Добуток довжини вектора-ланки на її орт p , визначений за виразом (10), у результаті визначає саму вектор-ланку у вигляді вільного вектора.

Тепер, використовуючи програмний код (10), визначаємо орт $e_{4,3}$ вектора-ланки

шатуна P_{4_3} :

$$e_{4_3}(f_1) := p(P_{4_2}(f_1), e_{z2}, \alpha_1(f_1), \alpha_2, W_{2_3_4}), \quad (22)$$

де $\alpha_1(f_1)$ – змінний кут між векторами P_{4_3} та P_{4_2} , який можна визначити за функцією користувача повороту вектора T_{cos} [8]:

$$T_{cos}(l_1, l_2, l_3) := \arccos\left(\frac{l_1^2 + l_2^2 - l_3^2}{2 \cdot l_1 \cdot l_2}\right) \Rightarrow \alpha_1(f_1) := T_{cos}(P_{4_2}(f_1), l_{4_3}, l_{3_2}), \quad (23)$$

$W_{2_3_4}$ – параметр, який визначає варіант складання механізму; якщо на кінематичній схемі механізму на рис. 1 обхід контуру $P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow P_2$ здійснюється за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з кінця осі X , то $W_{2_3_4} = 1$, якщо ж проти годинникової стрілки, то $W_{2_3_4} = -1$; для механізму на рис. 1 $W_{2_3_4} = -1$;

α_2 – кут між векторами e_{z2} та P_{4_3} , який для механізму, що розглядається, дорівнює $\alpha_2 = 90^\circ$.

Визначаємо вектор-ланку коромисла P_{4_3} :

$$P_{4_3}(f_1) := e_{4_3}(f_1) \cdot l_{4_3}. \quad (24)$$

Радіус-вектор кінематичної пари P_3 визначаємо на основі афінних перетворень:

$$P_3(f_1) := P_4 + P_{4_3}(f_1). \quad (25)$$

Визначаємо вектор-ланку шатун P_{3_2} :

$$P_{3_2}(f_1) := P_2(f_1) - P_3(f_1). \quad (26)$$

Зазвичай в просторових чотириланкових кривошипно-коромислових механізмах технологічних машин галузі обмежується рух шатуна, для чого застосовується напрямна, що кріпиться до шатуна, та палець кривошипа, який взаємодіє з цією напрямною. Таким чином усувається один ступінь вільності сферичної кінематичної пари P_2 . Таке усунення ступеня вільності не впливає на функцію положення вихідної ланки, а надає певної визначеності в русі самого шатуна [4], що може бути корисним у випадку, коли, наприклад, робочий орган належить шатуну, або при проведенні розрахунків кінематичних пар, які утворює шатун з ланками механізму, на інтенсивність зносу, тощо.

Для визначення функції положення довільної точки шатуна, введемо в розгляд рухому ПСК x_2, y_2, z_2 з відповідними ортами її осей e_{x2}, e_{y2}, e_{z2} та з початком в точці P_2 . Орт e_{x2} спрямовується уздовж вектора шатуна P_{3_2} і визначається з виразу:

$$e_{x3_2}(f_1) := Ort(P_{3_2}(f_1)). \quad (27)$$

Напрямок орта e_{z2} зв'язаний з напрямком орта e_{p1} пальця кривошипа, який визначається з виразу:

$$e_{p1} := T_z(\psi_1) \cdot T_x(\psi_2) \cdot e_y, \quad (28)$$

де $T_z(\psi_1)$ – матриця повороту навколо осі Z на кут ψ_1 ; зазвичай $\psi_1 = 90^\circ$;

$T_x(\psi_2)$ – матриця повороту навколо осі X на кут ψ_2 ; зазвичай $\psi_2 = 0^\circ$;

e_y – орт осі Y ПСК.

Орт e_{z2} визначається із застосуванням програмного коду (10):

$$e_{z2}(f_1) := p(e_{p1}, e_{x2}(f_1), \beta_1, \beta_2, W_p), \quad (29)$$

де β_1 та β_2 – кути між ортом e_{z2} та відповідно ортом пальця кривошипа e_{p1} та ортом осі x_2 рухомої ПСК e_{x2} ; зазвичай в механізмах технологічних машин $\beta_1 = \beta_2 = 90^\circ$;

W_p – параметр, що визначає напрямок орта e_{z2} та може приймати значення «+1» або «-1»; для вибору значення параметра W_p слід виконати візуалізацію кінематичної схеми механізму.

Орт e_{y2} осі y_2 рухомої ПСК визначається як векторний добуток ортів e_{z2} та e_{x2} :

$$e_{y2}(f_1) := e_{z2}(f_1) \times e_{x2}. \quad (30)$$

Для побудови 3-D графіка візуалізації кінематичної схеми механізму та виконання її анімації в Mathcad введемо анімаційну змінну F_1 :

$$F_1 := \text{Rotation}_1 \cdot \text{FRAME} \cdot 10 + f_0, \quad (31)$$

де Rotation_1 – змінна, що визначає напрямок повертання кривошипа P_{1_2} ; якщо кривошип P_{1_2} обертається за годинниковою стрілкою (якщо дивитися з кінця осі X), то $\text{Rotation}_1 = -1$, якщо ж проти годинникової стрілки – $\text{Rotation}_1 = 1$.

Введемо вирази для побудови 3-D графіка візуалізації кінематичної схеми механізму в Mathcad:

$$L_M(F_1, K) := \text{stack}(P_{0K}, P_{1K}, P_2(F_1)_K, P_3(F_1)_K, P_{4K}, P_{5K}), \quad (32)$$

де stack – вбудована в Mathcad функція вертикального об'єднання векторів [6, 7];

$$\text{Plot}_M := \begin{pmatrix} L_M(F_1, X) \\ L_M(F_1, Y) \\ L_M(F_1, Z) \end{pmatrix}. \quad (33)$$

З використанням виразу (33) побудований графік візуалізації кінематичної схеми просторового чотириланкового механізму на рис. 2, на якому зображені вал кривошипа 1, кривошип 2, шатун 3, коромисло 4, вісь (вал) коромисла 5, траєкторія точки P_2 6, траєкторія P_3 7, та проекції траєкторії 7 на координатні площини ПСК XY 8, XZ 9 та YZ 10.

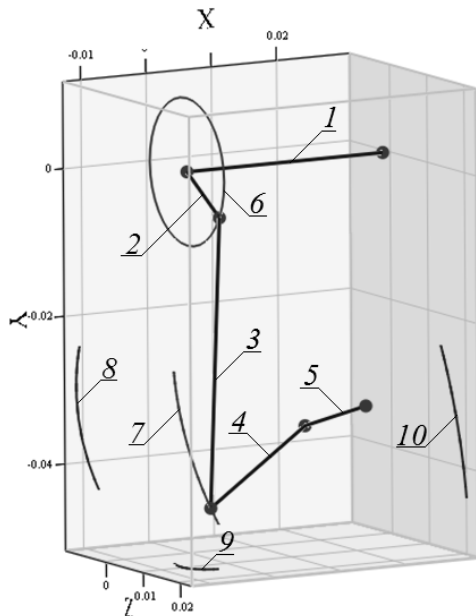


Рис. 2. Графік в Mathcad візуалізації та анімації кінематичної схеми просторового чотириланкового механізму

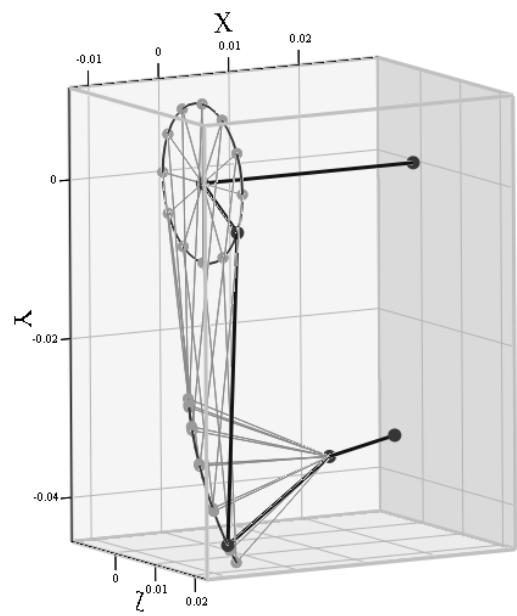


Рис. 3. Графік в Mathcad візуалізації та анімації 12-ти положень просторового чотириланкового механізму

Анімація кінематичної схеми механізму за рис. 2 та 12-ти його положень за рис. 3 представлена за посиланням [9].

Висновки. Отримані математичні вирази, що описують функції положення рухомих ланок у вигляді векторів-ланок та функції положення характерних точок у вигляді радіус-векторів, на основі яких створений програмний код для схемотехнічного комп'ютерного моделювання кінематичної схеми просторового чотириланкового кривошипно-коромислового механізму з двома обертальними та двома сферичними кінематичними парами та з довільним розташуванням осі коромисла із застосуванням програми Mathcad. Побудовані 3-D графіки візуалізації та анімації кінематичної схеми механізму в прикладній комп'ютерній програмі Mathcad. Результати дослідження можуть бути використані для подальшого дослідження кінематики та динаміки подібних просторових механізмів із застосуванням методу векторного перетворення координат, а також для визначення взаємних переміщень характерних точок робочих органів технологічних машин легкої промисловості у режимі реального часу із застосуванням прикладної програми Mathcad. Результати досліджень впроваджені в навчальні дисципліни «Схемотехнічне проектування машин» та «Розрахунок та конструювання типових машин» кафедри прикладної механіки та машин КНУТД.

Список використаних джерел

1. Сторожев В. В. Машины и аппараты легкой промышленности / В. В. Сторожев – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с. – ISBN 978-5-7695-5965-5.
2. Талавашек О. Бесчелночные ткацкие станки / Олджих Талавашек, Владимир Сватый – М. : Легпромбытиздат, 1985. – 335 с.
3. Йосилевич Г. Б. Прикладная механика / Г. Б. Йосилевич, П. А. Лебедев, В. С. Стреляев – М.: Машиностроение, 1985. – 576 с.
4. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
5. Доронин Ф. А. Исследование кинематики пространственного механизма параллельной структуры в среде Mathcad [електронний ресурс] / Ф. А. Доронин // Теория механизмов и машин. – 2015. – № 3. Том 13. С. 27-36. – Режим доступу до журн.: http://tmm.spbstu.ru/27/Doronin_27.pdf.
6. Бертяев В. Д. Теоретическая механика на базе MathCAD / В. Д. Бертяев – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 752 с. – ISBN 5-94157-625-0.
7. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD. Учебный курс. / Е. Г. Макаров – СПб. : Питер, 2005. – 448 с. – ISBN 5-94723-530-7.
8. Орловський Б. В. Схемотехнічне моделювання 3D-механізму вушкових голок міні-основов'язальної машини / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2012. – № 3. – С. 86-93.
9. Владимир Дворжак. (2016) Пространственный кривошипно-коромысловый механизм [відеокліп] / YouTube. 7 лютого (<https://youtu.be/8D1q2aURzpQ>)

СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧЕТЫРЕХЗВЕННЫХ КРИВОШИПНО- КОРОМЫСЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

ДВОРЖАК В. М.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Совершенствование методов проектирования целевых механизмов технологических машин легкой промышленности с применением прикладных САД-программ.

Методика. Использован аналитический метод векторного расчета пространственных четырехзвенных кривошипно-коромысловых механизмов технологических машин.

Результаты. Получены математические модели для кинематики и схемотехнического моделирования пространственного четырехзвенного кривошипно-коромыслового механизма с двумя вращательными и двумя сферическими кинематическими парами в приложении Mathcad.

Научная новизна. Предложен аналитический метод исследования пространственных шарнирно-рычажных механизмов на основе векторного преобразования координат, с помощью которого созданы математические модели и проведено схемотехническое компьютерное моделирование типового пространственного четырехзвенного кривошипно-коромыслового механизма с произвольным расположением оси коромысла в прикладной САД-программе Mathcad.

Практическая значимость работы состоит в использовании полученных результатов исследований при проектировании целевых типовых пространственных механизмов швейных машин и основовязальных машин.

Ключевые слова: *пространственный механизм, кривошипно-коромысловый механизм, векторный метод расчета, схемотехническое проектирование.*

CIRCUIT SIMULATION KINEMATIC SCHEME OF SPATIAL FOUR CRANK- ROCKER MECHANISMS OF TECHNOLOGICAL MACHINES

DVORZHAK V. M.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Improved methods of designing mechanisms of technological machines targeted industry applications using CAD-programs.

Methodology. The used analytical method for calculating the spatial vector four-crank-rocker mechanisms technological machines.

Findings. The mathematical model describing the function of the position of moving parts and points of spatial four-crank-rocker mechanism with two rotational and two spherical kinematic pairs. Completed circuit simulation indicated a mechanism built 3-D graphics rendering and animation kinematic scheme in Mathcad.

Originality. The proposed analytical method study of spatial lever mechanisms based vector coordinate transformation by which created the code and schematic conducted computer simulation model of spatial four-crank-rocker mechanism random arrangement of the axis of the beam in applied CAD-program Mathcad.

Practical Value of the work is the use of the results of research in the design of the typical models spatial mechanisms of sewing machines and warp knitting machines.

Keywords: *spatial mechanism, crank mechanism, vector calculation method, circuit design.*

УДК 621.01

КОШЕЛЬ С.О., КОШЕЛЬ Г. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

**СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ПЛОСКИХ МЕХАНІЗМІВ
ЧЕТВЕРТОГО КЛАСУ З ЗАМКНЕНИМ КОНТУРОМ,
УТВОРЕНИМ ТРЬОМА ШАТУНАМИ ТА
КОРОМИСЛОМ**

***Мета.** Структурне дослідження механізмів четвертого класу на основі різних видів групи Ассура четвертого класу другого порядку.*

***Методика.** Використано метод структурного дослідження механізмів курсу теорії механізмів і машин.*

***Результати.** Розглянуто структурний аналіз механізмів четвертого класу з однією ведучою ланкою на основі можливих варіантів групи Ассура четвертого класу другого порядку за допомогою умовної зміни ведучої ланки механізмів, що дозволяє зробити можливим виконання кінематичного аналізу механізмів четвертого класу та спростити результати дослідження.*

***Наукова новизна.** На основі структурного аналізу механізмів четвертого класу з однією ведучою ланкою на базі можливих варіантів груп Ассура четвертого класу другого порядку одержано формули будов механізмів четвертого класу, які дозволяють з'ясувати послідовність виконання кінематичного аналізу для різних можливих видів структурної групи четвертого класу другого порядку.*

***Практична значимість.** Встановлено послідовність кінематичного дослідження складних механізмів четвертого класу за допомогою отриманих структурних формул будов механізмів.*

***Ключові слова:** група Ассура, механізм, структурна формула, ланка.*

Вступ. Для удосконалення існуючого технологічного обладнання легкої промисловості та проектування нових надійних та продуктивних машин виникає необхідність проведення структурно-кінематичного аналізу механізмів, що надходять до їх складу. На відмінність від механізмів другого класу, до складу яких надходять групи Ассура такого ж класу п'яти різних видів, механізми четвертого класу на основі груп Ассура четвертого класу другого порядку не мають певної класифікації їх модифікацій. Така «невизначеність» призводить до складнощів, які пов'язані з наступними кінематичними та подальшими динамічними дослідженнями механізмів. Якщо урахувати, що кінематичне дослідження структурних груп четвертого та вище класів вимагає використання спеціальних методів дослідження, на відмінність від способів аналізу груп третього класу [1, 2], стає зрозумілим прагнення дослідників спростити такі дослідження за допомогою структурної заміни механізмів вищих класів кінематично-еквівалентними механізмами нижчих класів. В формулах будов зазначених механізмів присутні структурні групи меншого класу ніж клас механізму, що досліджується, степінь вільності та кінематичні параметри точок ланок механізму залишаються незмінними. Таке стає можливим, якщо в механізмі вищого класу зі ступенем вільності одиниця умовно обрати іншу можливу ведучу ланку механізму [3].

Постановка завдання. Метою роботи є структурне дослідження механізмів четвертого класу на основі різних видів груп Ассура четвертого класу другого порядку з урахуванням властивості механізмів змінювати клас в залежності від умовно обраної іншої можливої початкової ланки.

Результати та їх обговорення. Розглянемо різні модифікації груп Ассура четвертого класу другого порядку, що складаються з чотирьох ланок (2-5) та з шести кінематичних пар $A_2 - A_7$ (рис. 1-7)

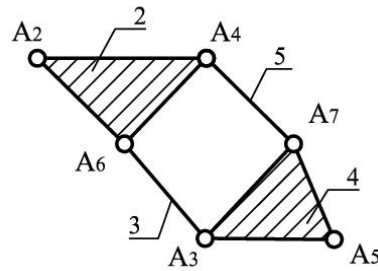


Рис. 1. Група Ассура четвертого класу з шістьма обертальними кінематичними парами

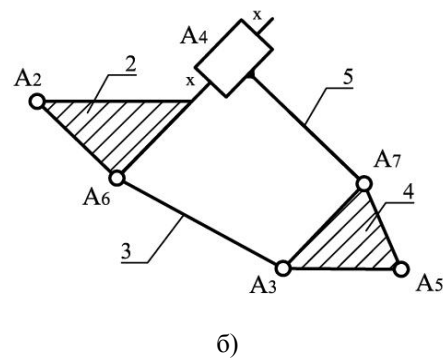
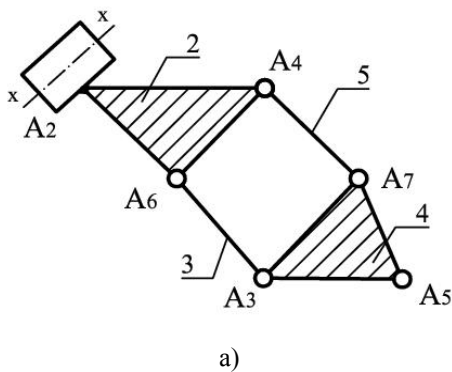
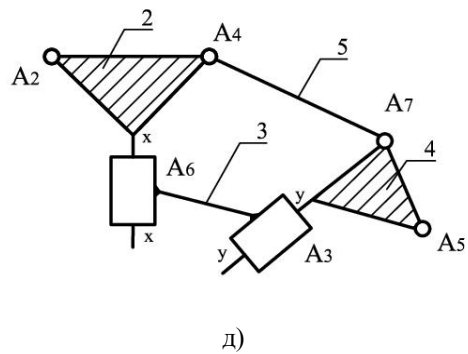
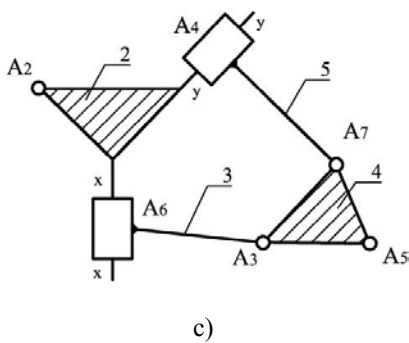
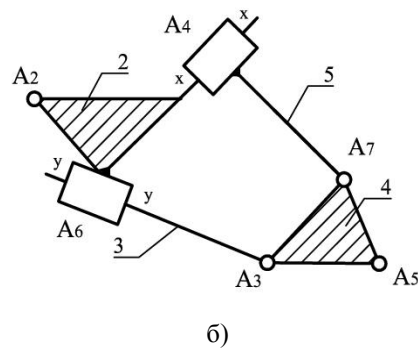
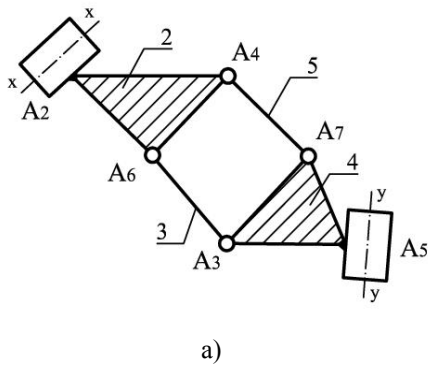


Рис. 2. Групи Ассура четвертого класу з п'ятьма обертальними та однією поступальною кінематичними парами: а – з зовнішньою поступальною парою; б – з внутрішньою поступальною парою



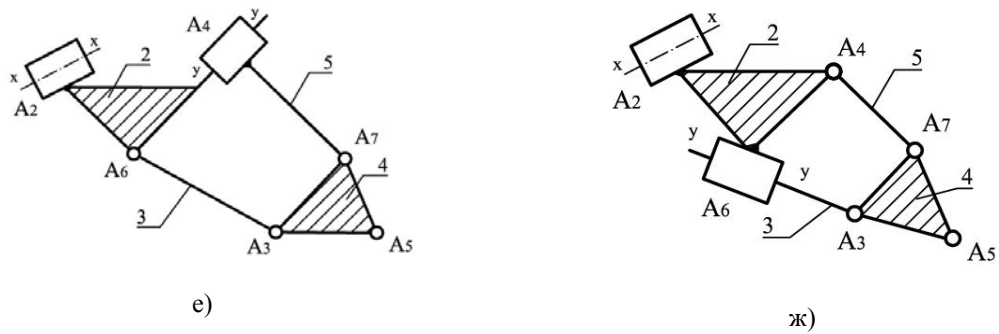


Рис. 3. Групи Ассура четвертого класу з чотирма обертальними та двома поступальними кінематичними парами (вісі xx , yy не є паралельними): а – з двома зовнішніми поступальними парами; б; с; д – варіанти з двома внутрішніми поступальними парами; е; ж – варіанти з однією внутрішньою та однією зовнішньою поступальними парами

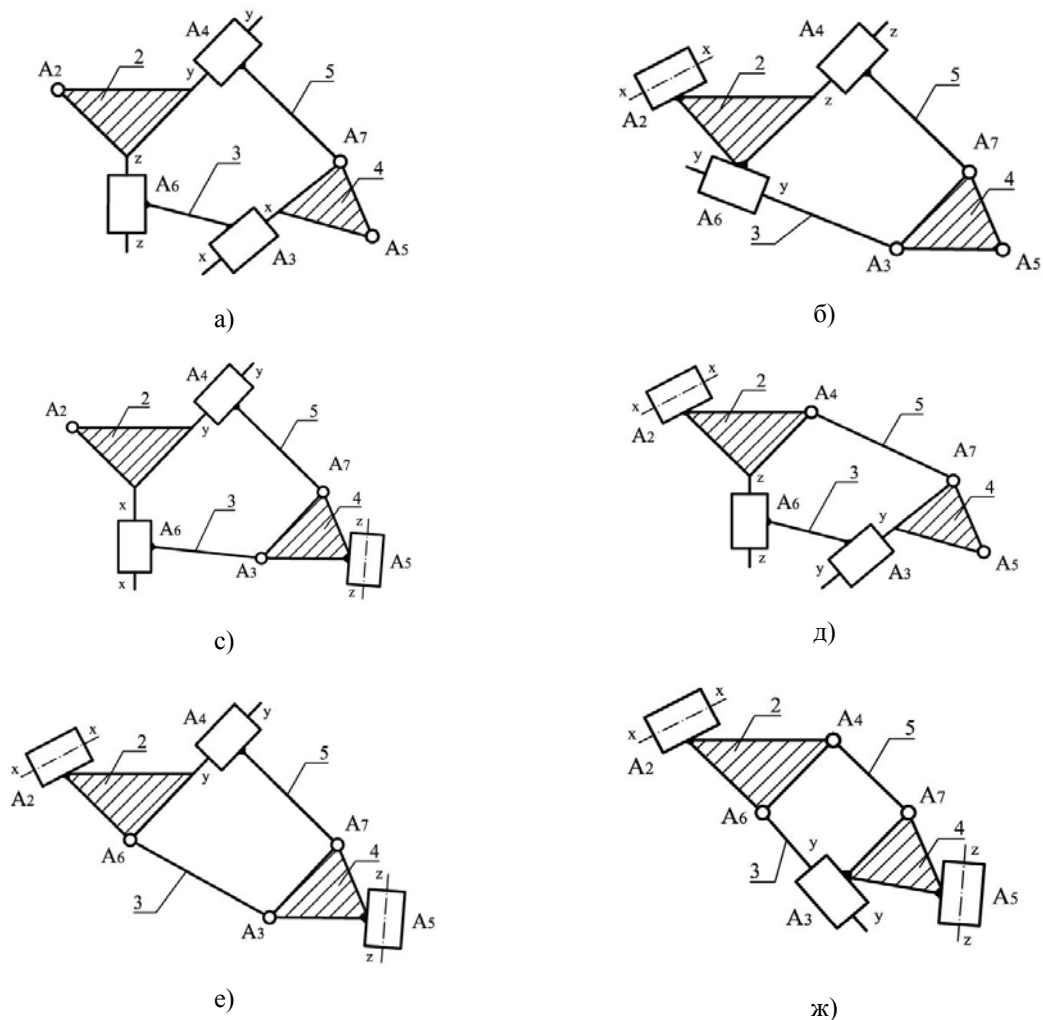


Рис. 4. Групи Ассура четвертого класу з трьома обертальними та трьома поступальними кінематичними парами (вісі xx , yy , zz не є паралельними): а – з трьома внутрішніми поступальними парами; б; с; д – варіанти з двома внутрішніми та однією зовнішньою поступальними парами; е; ж - варіанти з двома зовнішніми та однією внутрішньою поступальними парами

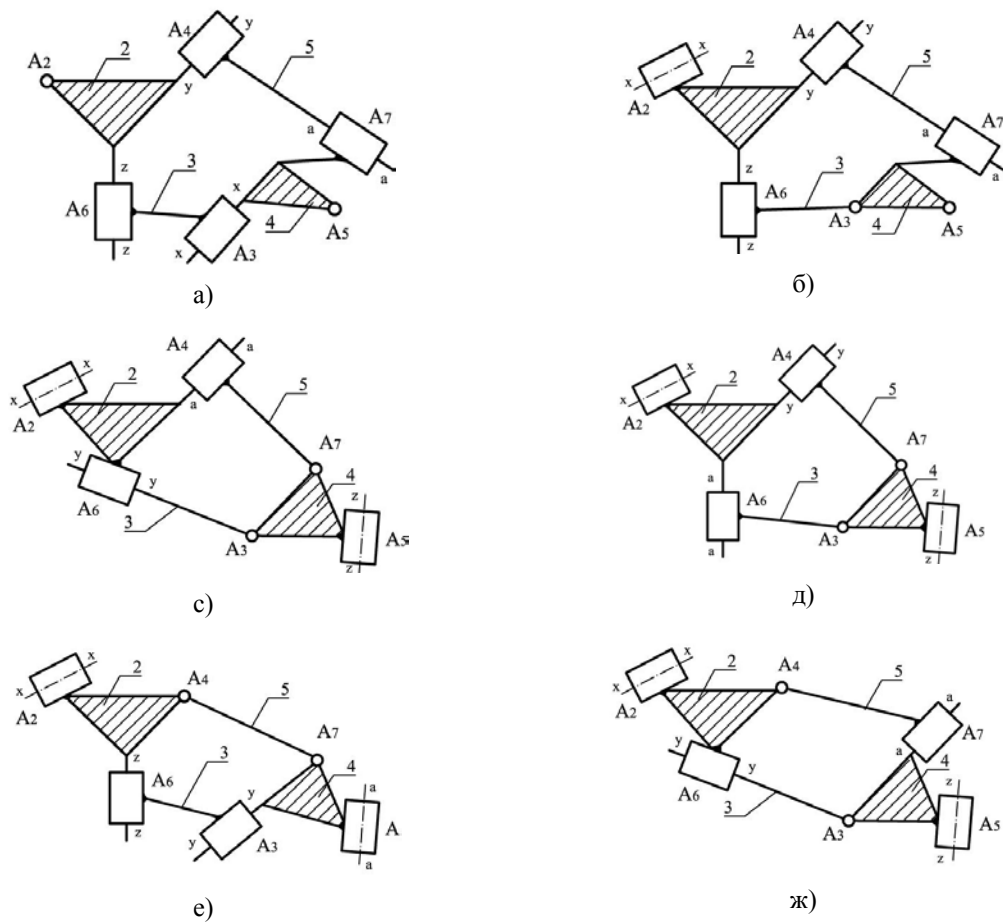


Рис. 5. Групи Ассура четвертого класу з чотирма поступальними та двома обертальними кінематичними парами (вісі xx , yy , zz , aa не є паралельними): а – з чотирма внутрішніми поступальними парами; б – з трьома внутрішніми та однією зовнішньою поступальними парами; с; д; е; ж – варіанти з двома внутрішніми та двома зовнішніми поступальними парами

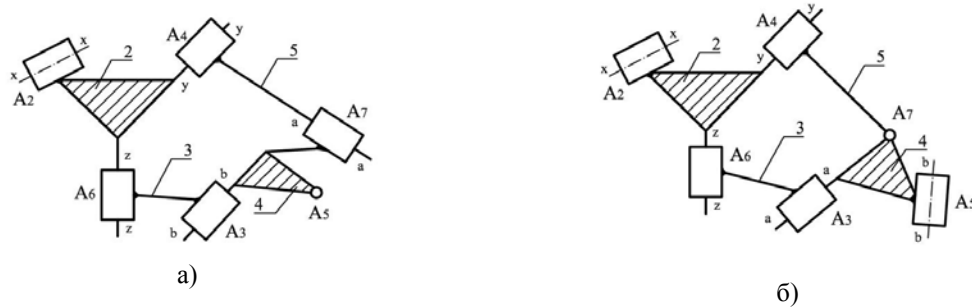


Рис. 6. Групи Ассура четвертого класу (вісі xx , yy , zz , aa , bb не є паралельними): а; б – варіанти з п'ятьма поступальними та однією обертальною кінематичними парами

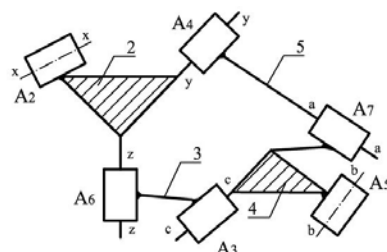


Рис. 7. Група Ассура четвертого класу з шістьма поступальними кінематичними парами (вісі xx , yy , zz , aa , bb , cc не є паралельними)

Для того, щоб визначити послідовність кінематичного дослідження на основі наведених варіантів груп Ассура четвертого класу згідно з умовною заміною ведучої ланки будемо вважати, що дійсна ведуча ланка 1 механізму (кривошип) утворює з ланкою 2 кінематичну пару A_2 , а інша зовнішня кінематична пара A_5 утворена ланкою 4 та стояком 0. Результати дослідження для зручності наведені в таблиці. Формули будов механізмів, що є кінематично-еквівалентними механізмам четвертого класу мають варіанти, в яких умовно іншою можливою ведучою ланкою є ланка 4.

Формули будов умовних кінематично-еквівалентних механізмів для різних видів груп Ассура четвертого класу другого порядку

Для варіанту рис. 1

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 6 обертальних пар)

Для варіантів рис. 2

а) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 внутрішня поступальна пара)

б) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 внутрішня поступальна пара)

Для варіантів рис. 3

а) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 внутрішня поступальна пара)

б) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 2 внутрішні поступальні пари)

в) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 2 внутрішні поступальні пари)

д) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 зовнішня , 1 внутрішня поступальні пари)

е) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 2 внутрішні поступальні пари)

ж) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 2 внутрішні поступальні пари)

Для варіантів рис. 4

а) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 зовнішня , 2 внутрішні поступальні пари)

б) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 3 внутрішні поступальні пари)

в) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 2 внутрішні поступальні пари)

д) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 зовнішня , 2 внутрішні поступальні пари)

е) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 2 внутрішні поступальні пари)

ж) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 зовнішня , 1 внутрішня поступальні пари)

Для варіантів рис. 5

а) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 2 зовнішні , 2 внутрішні поступальні пари)

б) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 зовнішня , 3 внутрішні поступальні пари)

в) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 3 внутрішні поступальні пари)

д) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 3 внутрішні поступальні пари)

е) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 зовнішня , 2 внутрішні поступальні пари)

ж) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 зовнішня , 2 внутрішні поступальні пари)

Для варіантів рис. 6

а) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 2 зовнішні , 3 внутрішні поступальні пари)

б) 1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 1 зовнішня , 3 внутрішні поступальні пари)

Для варіантів рис. 7

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1–3,5; 2 зовнішні , 3 внутрішні поступальні пари)

Аналіз формул наведених в таблиці дозволяє стверджувати, що механізм четвертого класу з замкненим контуром утвореним трьома шатунами та коромислом на основі груп Ассура четвертого класу другого порядку можна кінематично дослідити в послідовності, яка обумовлена формулою будови умовного кінематично-еквівалентного механізму третього класу.

Висновки. Зроблено структурне дослідження механізмів 4-го класу з замкненим контуром утвореним трьома шатунами та коромислом на основі можливих видів груп Ассура четвертого класу другого порядку за допомогою умовної зміни ведучої ланки механізму. Отримані результати дозволяють зробити можливим виконання кінематичного аналізу механізмів четвертого класу та з'ясувати послідовність визначення кінематичних параметрів точок таких механізмів.

Список використаної літератури

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский – М.: Наука, 1988 – 640 с.
2. Дворников Л.Т. Исследование кинематики и кинетостатики плоской шарнирной шестизвенной группы Ассура с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром/ Л.Т. Дворников, С.П. Стариков //Изв. ВУЗов, «Машиностроение». – 2008-№4, с.3-10.
3. Кошель С. О. Аналіз плоских механізмів з структурними групами 3-го класу / Кошель С. О., Кошель Г. В. - // К.: Вісник КНУТД. - 2012 – № 4, с. 22-26.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ ЧЕТВЕРТОГО КЛАССА С ЗАМКНУТЫМ КОНТУРОМ, ОБРАЗОВАННЫМ ТРЕМЯ ШАТУНАМИ И КОРОМЫСЛОМ

КОШЕЛЬ С.А., КОШЕЛЬ А.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Структурное исследование механизмов четвертого класса на основе различных видов групп Ассура четвертого класса второго порядка.

Методика. Использован метод структурного исследования механизмов курса теории механизмов и машин.

Результаты. Рассмотрен структурный анализ механизмов четвертого класса с одним ведущим звеном на основе возможных вариантов группы Ассура четвертого класса второго порядка с помощью способа условного изменения ведущего звена механизма, что позволяет сделать возможным выполнение кинематического анализа механизмов четвертого класса и упростить результаты исследования.

Научная новизна. На основе структурного анализа механизмов четвертого класса с

одним ведущим звеном на базе возможных вариантов групп Ассура четвертого класса второго порядка получены формулы строения механизмов четвертого класса, которые позволяют определить последовательность выполнения кинематического анализа для различных возможных вариантов структурной группы четвертого класса второго порядка.

Практическая значимость. Установлена последовательность кинематического исследования сложных механизмов четвертого класса с помощью полученных структурных формул строений механизмов.

Ключевые слова: группа Ассура, механизм, структурная формула, звено.

STRUCTURAL ANALYSIS OF FLAT MECHANISMS FOURTH CLASS OF THE CLOSED LOOP FORMED BY THE THREE CONNECTING RODS AND ROCKER KOSHEL S., KOSHEL A.

Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. Structural study of the fourth class of mechanisms on the basis of different types of groups of Assur with the fourth class of the second order.

Methodology. Use the method of structural studies of the theory of mechanisms and machines.

Findings. The structural analysis of the mechanisms of the fourth class with one leading link based on the options group of the fourth class of the second order Assur by the method of conditional change of the leading link that allows you to make it possible to perform a kinematic analysis of the fourth-class tools and to simplify the results of the study.

Originality. Completed structural analysis of fourth-grade machines with a driving member on the basis of possible options for the Assur group of the fourth class of the second order. Are obtained the structure formulas of the fourth class of mechanisms that allow to determine the sequence of execution for the kinematic analysis of different options for the fourth class of the second order structure group.

Practical value. Derived sequence of kinematic study of complex mechanisms of fourth grade with the help of the obtained structural formulas buildings mechanisms.

Keywords: group Assur, mechanism, structural formula, link.

УДК 677.055

ЗДОРЕНКО В.Г., ЗАЩЕПКИНА Н.М.
Київський національний університет технологій та дизайну

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВІДЦЕНТРОВОЇ ФРИКЦІЙНОЇ МУФТИ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В ПРИВОДІ В'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН

Мета. Оцінка ефективності використання відцентрової фрикційної муфти для зниження динамічних навантажень в приводі в'язальних машин.

Методика. Використані сучасні методи досліджень динаміки механічних систем з метою оцінки ефективності використання відцентрової фрикційної муфти для зниження пускових динамічних навантажень в приводі в'язальних машин.

Результати. На основі аналізу особливостей роботи в'язальних машин встановлена ефективність використання в їх приводі відцентрової фрикційної муфти з регульованим крутним моментом. Запропоновано нову конструкцію відцентрової фрикційної муфти з регульованим крутним моментом, здатну вирішити проблему ефективного зниження динамічних навантажень в приводі, що виникають під час пуску, незалежно від режиму роботи в'язальної машини. Виконані розрахунки, що підтверджують доцільність використання в приводі в'язальних машин фрикційної відцентрової муфти з регульованим крутним моментом для зниження пускових динамічних навантажень.

Наукова новизна. Розроблено метод оцінки ефективності використання відцентрової фрикційної муфти для зниження пускових динамічних навантажень в приводі в'язальних машин.

Практична значимість. Розроблено нову конструкцію відцентрової фрикційної муфти з регульованим крутним моментом.

Ключові слова: в'язальна машина, привід в'язальної машини, динамічні навантаження приводу, відцентрова фрикційна муфта.

Вступ. Особливістю роботи в'язальних машин, як відомо [1-3], є значні пускові динамічні навантаження, що є однією з основних причин зниження довговічності їх роботи. Тому проблема розробки нових та удосконалення діючих засобів зниження пускових динамічних навантажень в в'язальних машинах є актуальною та своєчасною [4]. Ефективне вирішення цієї проблеми без удосконалення засобів зниження динамічних навантажень приводів в'язальних машин неможливе.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи в'язальних машин, завданням досліджень є оцінка ефективності використання відцентрової фрикційної муфти для зниження динамічних навантажень в приводі в'язальних машин.

Результати дослідження. З метою оцінки величини динамічних навантажень, що виникають від час несталого руху (пуск, гальмування та ін.) в приводі в'язальних машин, їх реальну конструкцію, як показують дослідження авторів [5], доцільно замінити двомасовою динамічною моделлю з параметрами: T_1 - пусковий момент електродвигуна; T_2 - статичний момент привода (сумарний момент сил опору механізмів машини); J_1 - момент інерції ротора електродвигуна з урахуванням моменту інерції ведучого шківів клинопасової передачі; J_2 - сумарний момент інерції обертальних мас механізмів машини; C_{12} - жорсткість пасів клинопасової передачі.

Аналіз пуску двомасової механічної системи з пружною в'яззю [1, 5] дозволяє одержати наступну залежність для знаходження максимуму динамічних навантажень T_{12max} , що виникають в приводі в'язальної машини під час пуску:

$$T_{12max} = \sqrt{(T_2 - T_1)^2 + \frac{T_1^2 J_2 \sin^2 \left[\arccos \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \right]}{J_1 + J_2}} + \frac{J_2 T_1 + J_1 T_2}{J_1 + J_2}. \quad (1)$$

Враховуючи залежність (1) можемо одержати графік впливу пускового моменту T_1 на пускові динамічні навантаження привода. При цьому в якості діапазонів та інтервалів варіювання досліджуваних параметрів (приведені до валу електродвигуна), як приклад, круглов'язальної машини КО-2 можна прийняти: $T_1 \in [25; 50]$ Нм, $\Delta T_1 = 5$ Нм; $T_2 \in [15; 30]$ Нм; $\Delta T_2 = 2,5$ Нм; $J_1 \in [0,01; 0,1]$ кгм²; $\Delta J_1 = 0,01$ кгм²; $J_2 \in [0,03; 0,1]$ кгм²; $\Delta J_2 = 0,01$ кгм². За нульові значення досліджуваних параметрів приймаємо [5]: $T_1 = 48,6$ Нм; $T_2 = 22,1$ Нм; $J_1 = 0,023$ кгм²; $J_2 = 0,062$ кгм².

На рис. 1 представлено графік впливу пускового моменту електродвигуна круглов'язальної машини КО-2 на динамічні навантаження привода, одержаний з використанням приведених даних та залежності (1).

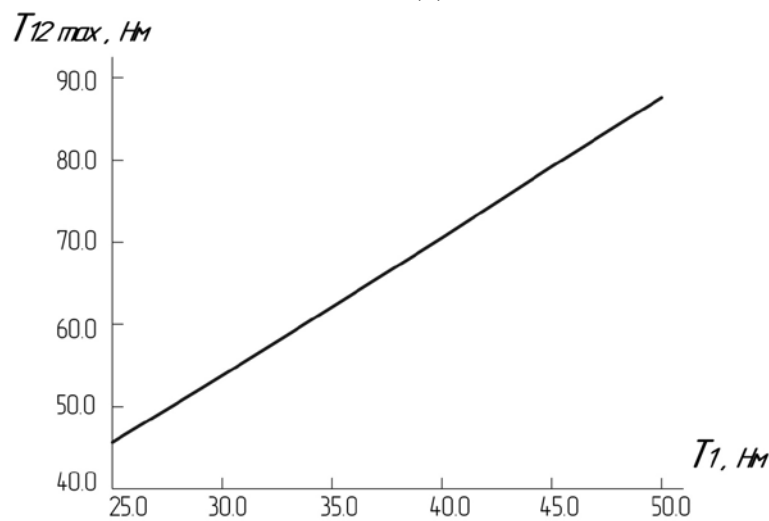


Рис. 1. Графік залежності максимуму динамічних навантажень привода круглов'язальної машини КО-2 від пускового моменту електродвигуна

Враховуючи особливості роботи в'язальних машин (необхідність зміни режиму в'язання полотна, заправки та ін.), автори, з метою зниження динамічних навантажень, що виникають під час пуску, пропонують обладнати приводи в'язальних машин відцентровою фрикційною муфтою з регульованим крутним моментом.

Обладнання привода в'язальної машини відцентровою фрикційною муфтою, як відомо [4,5], забезпечує обмеження пускового моменту електродвигуна, що передається приводу під час пуску і, таким чином, зниження його динамічних навантажень, що призводить до підвищення надійності та довговічності роботи в'язальної машини.

На рис. 2 представлена кінематична схема запропонованої авторами відцентрової фрикційної муфти з регульованим крутним моментом.

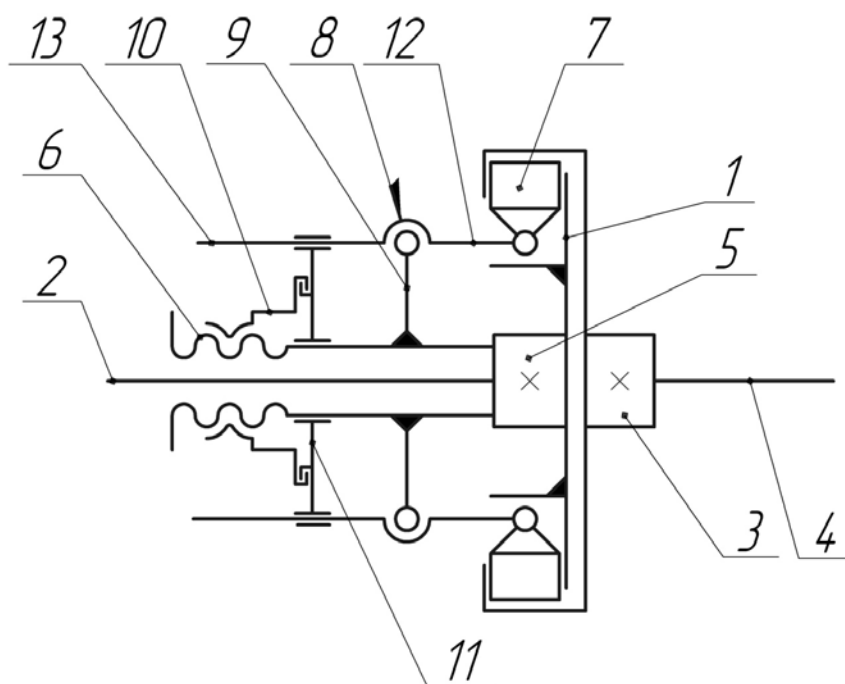


Рис. 2. Кінематична схема відцентрової фрикційної муфти з регульованим крутним моментом: 1 – ведуча півмуфта; 2 – ведучий вал; 3 – ведена півмуфта; 4 – ведений вал; 5 – ступиця; 6 – різьба; 7 – колодки; 8 – двоплечий важіль; 9 – кронштейн; 10 – гайка; 11 – опора важеля; 12 – жорстке плече важеля; 13 – пружне плече важеля (плоска пружина)

Принцип роботи відцентрової фрикційної муфти наступний. При вмиканні відцентрової фрикційної муфти ведучий вал 2 починає обертатися. При цьому ступиця 5, жорстко закріплена на ведучому валу 2, разом з колодками 7, прикріпленими за допомогою кронштейнів 9 до ступиці 5, також починає обертатися. Відцентрові сили, що виникають при цьому, долаючи опір сил пружності плоских пружин 13 двоплечих важелів 8, призводять до радіальних переміщень колодок 7 і притискають їх до веденої півмуфти 3. Сили тертя, що виникають при цьому між колодками 7 та веденою півмуфтою 3 приводять її в обертальний рух, а разом з нею і ведений вал 4, на якому вона жорстко закріплена. При необхідності зміни величини моменту відцентрової фрикційної муфти, зумовленою зміною режиму роботи привода машини, де вона використовується, необхідно, в залежності від потреби зменшити або збільшити крутний момент відцентрової фрикційної муфти, поворотом гайки 10 змінити робочу довжину плоских пружин 13 двоплечих важелів 8). Зміна робочої довжини пружин 13 здійснюється за рахунок переміщення опори 11, з'єднаної з гайкою 10. Сила пружності плоских пружин в більшій або в меншій мірі, в залежності від зміни режиму роботи, частково компенсує відцентрову силу колодок 7, змінюючи величину сили притиску їх до веденої півмуфти 3 і, відповідно, момент відцентрової фрикційної муфти. Можливість вибору раціонального моменту відцентрової фрикційної муфти в залежності від навантажень привода машини забезпечує підвищення довговічності роботи відцентрової фрикційної муфти та в'язальної машини в цілому.

Враховуючи конструктивні особливості запропонованої муфти, крутний момент T_m її знаходиться із умови:

$$T_m = \frac{QzDf}{2} = \frac{(F_{вц} - F)zDf}{2}, \quad (2)$$

де Q - сила притиску колодки до веденої півмуфти,

$$Q = \frac{2T_m}{zDf} = F_{вц} - F; \quad (3)$$

z - кількість колодок;

D - діаметр поверхні тертя колодок;

f - коефіцієнт тертя колодки по веденій півмуфті;

$$F_{вц} - \text{відцентрова сила колодки, } F_{вц} = \frac{G}{g} r\omega^2; \quad (4)$$

G - вага колодки; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

r - радіус центру ваги колодки;

ω - кутова швидкість колодки;

F - сила пружності робочого плеча важеля (плоскої пружини, надалі пружини),

$$F = \frac{3EJ\delta}{l^3}; \quad (5)$$

E - модуль пружності матеріалу пружини;

J - момент інерції перерізу пружини, $J = \frac{ba^3}{12}$;

a, b - товщина та ширина перерізу пружини відповідно;

δ - максимальний прогин пружини.

Оцінимо ефективність використання запропонованої відцентрової фрикційної муфти при використанні її, як приклад, в приводі круглов'язальної машини КО-2.

В якості вихідних даних (вал приведення параметрів – вал електродвигуна) приймаємо [5]: $T_1 = 48,6 \text{ Нм}$ (пусковий момент електродвигуна без муфти); $T_2 = 22,1 \text{ Нм}$; $T'_1 = T_m = 1,1T_2 = 24,3 \text{ Нм}$ (пусковий момент електродвигуна при наявності муфти).

Тоді, використовуючи результати досліджень (рис. 2), знаходимо: $T_{12\text{max}} = 85,17 \text{ Нм}$ (пуск машини без муфти); $T'_{12\text{max}} = 40,5 \text{ Нм}$ (пуск машини з муфтою).

Таким чином, використання відцентрової фрикційної муфти з регульованим моментом у складі круглов'язальної машини КО-2 забезпечує зниження динамічних навантажень в 2,1 рази, що підтверджує ефективність її використання.

Висновки. Виконані дослідження показують наступне:

- встановлена доцільність використання в приводі в'язальних машин відцентрової фрикційної муфти з регульованим крутним моментом;
- запропонована муфта здатна підвищити ефективність роботи в'язальних машин за рахунок суттєвого зниження динамічних навантажень в приводі;
- результати досліджень можуть бути використані при удосконаленні діючих та при розробці нових типів в'язальних машин.

Список використаних джерел

1. Піпа Б. Ф., Хомяк О. М., Павленко Г. І. Динаміка круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.
2. Хомяк О. М. Динаміка плосков'язальних машин та автоматів. – К: КНУТД, 2008. – 250 с.
3. Чабан В. В., Бакан Л. А., Піпа Б. Ф. Динаміка основов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2012 - 287 с.
4. Піпа Б.Ф., Чабан О.В., Музичишин С.В. Приводи в'язальних машин і автоматів з пристроями зниження динамічних навантажень. – К.: КНУТД, 2015. – 280 с.
5. Здоренко В. Г., Защепкіна Н.М. Зниження динамічних навантажень в приводі в'язальних машин //Вісник КНУТД. -2015. - № 6 (92). – С. 47-52.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФРИКЦИОННОЙ МУФТЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ПРИВОДЕ ВЯЗАЛЬНЫХ МАШИН

ЗДОРЕНКО В.Г., ЗАЩЕПКИНА Н.Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Оценка эффективности использования центробежной фрикционной муфты для снижения динамических нагрузок в приводе вязальных машин.

Методика. Используются современные методы исследований динамики механических систем с целью оценки эффективности использования центробежной фрикционной муфты для снижения пусковых динамических нагрузок в приводе вязальных машин.

Результаты. На основе анализа особенностей работы вязальных машин установлена эффективность использования в их приводе центробежной фрикционной муфты с регулируемым крутящим моментом. Предложена новая конструкция центробежной фрикционной муфты с регулируемым крутящим моментом, способная решить проблему эффективного снижения динамических нагрузок в приводе возникающих при пуске, независимо от режима работы вязальной машины. Выполнены расчеты, подтверждающие целесообразность использования в приводе вязальных машин фрикционной центробежной муфты с регулируемым крутящим моментом для снижения пусковых динамических нагрузок.

Научная новизна. Разработан метод оценки эффективности использования центробежной фрикционной муфты для снижения пусковых динамических нагрузок в приводе вязальных машин.

Практическая значимость. Разработана новая конструкция центробежной фрикционной муфты с регулируемым крутящим моментом.

Ключевые слова: вязальная машина, привод вязальной машины, динамические нагрузки привода, центробежная фрикционная муфта.

EFFICIENCY CENTRIFUGAL FRICTION CLUTCH FOR REDUCING DYNAMIC LOADS IN THE DRIVE KNITTING MACHINES

SDORENKO V. G., ZASCHEPKINA N.N.

Kiev national university of technology and design

Aim. Evaluating the effectiveness of using centrifugal friction clutches to reduce dynamic loads in the drive knitting machines.

Methodology. Used modern methods of research the dynamics of mechanical systems to assess the efficiency of centrifugal friction clutches to reduce launchers dynamic loads in the drive knitting machines.

Results. Based on analysis of the characteristics of knitting machines installed in their efficiency drive centrifugal friction clutch with adjustable torque. The new design of centrifugal friction clutch with adjustable torque capable of solving the problem effectively reduce dynamic loads in a drive that arise during the start-up regardless of the mode of the knitting machine. The calculations proving the feasibility of using knitting machines to drive centrifugal friction clutches with adjustable starting point for reducing dynamic loads.

Scientific novelty. Development of the method for assessing efficiency centrifugal friction clutches to reduce launchers dynamic loads in the drive knitting machines.

Practical meaningfulness. Development of a new design of centrifugal friction clutch with adjustable torque.

Keywords: *knitting machine, knitting machine drive, dynamic load drive centrifugal friction clutch.*

УДК 677.072.6

РЕЗАНОВА В.Г.

Київський національний університет технологій та дизайну

ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЧОТИРИКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ ПОЛІМЕРІВ

Мета. Пошук підходів до розв'язання задачі оптимізації складу чотирикомпонентних сумішей полімерів. Перетворення та спрощення задачі для забезпечення можливості подальшого розв'язання. Створення спеціального програмного забезпечення.

Методика. В постановці задачі використовується математична модель специфічного волокноутворення, побудована за методом найменших квадратів на основі результатів планування експерименту. Подальше перетворення та спрощення задачі здійснюється за методом лінійної згортки. Програмне забезпечення розроблялося мовою Object Pascal у середовищі Delphi.

Результати. Розроблено програмне забезпечення для перетворення задачі оптимізації складу чотирикомпонентних сумішей полімерів при реалізації специфічного волокноутворення. Воно дозволяє спрощувати багатокритеріальну задачу оптимізації, зводячи її до однокритеріальної.

Наукова новизна. Розроблене програмне забезпечення дозволяє перетворювати задачу оптимізації складу чотирикомпонентних сумішей полімерів до вигляду, зручного для подальшого розв'язання. В свою чергу, розв'язання задачі оптимізації є складовою частиною теоретичного дослідження специфічного волокноутворення.

Практична значимість. Багатокритеріальна задача умовної оптимізації є надзвичайно складною для розв'язання, тоді як перетворена однокритеріальна задача може бути в подальшому розв'язана одним з відомих методів.

Ключові слова: волокноутворення, багатокритеріальна задача, однокритеріальна задача, умовна оптимізація, програмне забезпечення.

Вступ. Сучасна людина оточена великою кількістю різних товарів, матеріалів й виробів, одержаних із застосуванням високомолекулярних сполук (полімерів). Характеризуючи сучасну епоху можна сказати, що це "століття полімерів". І це має сенс, адже ступінь застосування полімерних матеріалів в соціальній сфері та економіці є важливим критерієм рівня науково-технічного прогресу в країні.

Вітчизняний й світовий досвід свідчать, що найраціональнішим вирішенням проблеми створення полімерних матеріалів із унікальними новими характеристиками є не розробка нової сировини, а модифікація полімерів, яка вже випускається промисловістю.

Змішування полімерів й додавання спеціальних добавок – компатибілізаторів, пластифікаторів, речовин у наностані - дає можливість не тільки поєднувати характеристики кількох компонентів, а й отримувати унікальні ефекти і сучасні матеріали з властивостями, що нехарактерні вихідним полімерам.

У даний час нанотехнології є однією з найперспективніших та важливих галузей знань. Із ними пов'язують надії на нові напрями й швидкі прориви розвитку у багатьох технологічних і технічних сферах. Швидкий розвиток нанотехнологій зумовлений тим, що при наноструктуруванні отримують якісно нові характеристики, а також непередбачену поведінку матеріалів. Зокрема, вуглецеві нанотрубки характеризуються комплексом

унікальних електричних, теплофізичних й механічних властивостей. У останні роки одним з перспективних напрямків техніки й науки є розроблення принципів отримання нанонаповнених волокон й нанокомпозитів.

Постановка завдання. Явище специфічного волокноутворення реалізується у відповідних умовах при течії розплавів суміші полімерів. У його основі лежать мікрореологічні процеси такі, як деформація крапель компонентів дисперсної фази та об'єднання рідких струменів у напрямку течії. Керування цими процесами можна здійснювати за допомогою зміни ступеню сумісності компонентів суміші на межі поділу фаз. Компатибілізатори – це речовини, що покращують сумісність. Процес компатибілізації – явище, що дозволяє модифікувати властивості розплавів сумішей полімерів за рахунок зміни їх морфології [1-2].

Багато досліджень у хімічній технології зводяться до розв'язання задач, які спрямовані на пошук оптимальних умов перебігу процесів або на оптимальний вибір складу багатокомпонентних систем. Дані літератури (зокрема, [3-4]) свідчать, що суміші з кількістю компонентів більше чотирьох майже не мають практичного застосування. Науковий та практичний інтерес представляють в основному три- та чотирикомпонентні системи. Розглянемо задачу оптимізації складу чотирикомпонентної полімерної композиції при реалізації специфічного волокноутворення. Першим етапом розв'язання є чітке формулювання задачі оптимізації, а також її перетворення та спрощення з метою зведення до зручного для подальшого розв'язання вигляду.

Результати та їх обговорення. Для оптимізації вмісту багатокомпонентних систем удаються до діаграм склад-властивість [3-4]. Для чотирикомпонентної суміші характерна умова $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$ тому, що концентрація компонентів суміші нормується. x_1, x_2, x_3, x_4 – це відповідно вмісти компонентів суміші.

В результаті планування експерименту, отримуємо множину точок факторного простору, в яких необхідно провести досліди. Маючи результати експериментів, математичну модель задачі будуємо за методом найменших квадратів.

Досліджуємо чотирикомпонентну сумішеву систему, яка складається із двох полімерів (волокноутворюючий – поліпропілен (ПП) та матричний – співполіамід (СПА) та двох добавок (компатибілізатор та модифікуюча нанодобавка). Вмісти компонентів суміші: x_1 – вміст ПП; x_2 – вміст СПА; x_3 – вміст компатибілізатора; x_4 – вміст нанодобавки. На вміст компонентів в суміші накладено певні обмеження.

Контроль якості отриманого полімерного композиту відбувається за наступними показниками: y_1 – середній діаметр мікрволокон; y_2 – масова частка безперервних волокон; y_3 – фільтерна витяжка.

Математична модель задачі, отримана із застосуванням вищеописаних підходів, має вигляд [5]:

$$y_1 = 3.12 \cdot x_1 + 3.16 \cdot x_2 + 3.09 \cdot x_3 + 1.04 \cdot x_4 + 3.24 \cdot x_1 \cdot x_2 + 3 \cdot x_1 \cdot x_3 - \\ - 3.23 \cdot x_1 \cdot x_4 - 24.5 \cdot x_2 \cdot x_3 - 2.42 \cdot x_2 \cdot x_4 - 4.7 \cdot x_3 \cdot x_4 - 74.03 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - \\ - 16.3 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0.54 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + 151.26 \cdot x_2 \cdot x_2 \cdot x_4$$

$$y_2 = 63.9 \cdot x_1 + 61.5 \cdot x_2 + 64.2 \cdot x_3 + 48.7 \cdot x_4 + 73 \cdot x_1 \cdot x_2 + 69.1 \cdot x_1 \cdot x_3 + \\ + 92.2 \cdot x_1 \cdot x_4 + 152.7 \cdot x_2 \cdot x_3 + 49.1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 149.5 \cdot x_3 \cdot x_4 + 1764 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - \\ - 89 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 34.7 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + 379.1 \cdot x_2 \cdot x_2 \cdot x_4$$

$$y_3 = 8365.5 \cdot x_1 + 8344.1 \cdot x_2 + 8460.2 \cdot x_3 + 9780.7 \cdot x_4 + 8613 \cdot x_1 \cdot x_2 + 8599 \cdot x_1 \cdot x_3 + \\ + 11149 \cdot x_1 \cdot x_4 + 36824 \cdot x_2 \cdot x_3 + 13952 \cdot x_2 \cdot x_4 + 20227 \cdot x_3 \cdot x_4 + 168363 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + \\ + 18664 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 4166 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 - 311057 \cdot x_2 \cdot x_2 \cdot x_4$$

$$0.2 \leq x_1 \leq 0.35$$

$$0.65 \leq x_2 \leq 0.8$$

$$0.001 \leq x_3 \leq 0.01$$

$$0.01 \leq x_4 \leq 0.04$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

Маємо на меті здійснити багатокритеріальну оптимізацію системи, що являє собою процес одночасної оптимізації кількох конфліктуючих між собою цільових функцій в певній області визначення.

В загальному випадку задачу багатокритеріальної оптимізації формулюють наступним чином [6], [7]:

$$\min_{\vec{x}} \{f_1(\vec{x}), f_2(\vec{x}), \dots, f_k(\vec{x})\}, \quad \vec{x} \in S$$

де $f_i : R^n \rightarrow R$ - це k ($k \geq 2$) цільових функцій.

(при цьому цільові функції, що досліджуються на максимум, перетворюють на функції, що досліджуються на мінімум, за наступною формулою $\min(y) = -\max(y)$).

Вектор розв'язків $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ належить до непорожньої області визначення S .

Задача багатокритеріальної оптимізації здійснює пошук вектора змінних, що буде задовольняти накладеним обмеженням й оптимізувати векторну функцію, елементи якої відповідають цільовим функціям. Дані функції створюють математичний опис критерію задовільності й, майже завжди, взаємно конфліктують. Тож, «оптимізувати» – це знайти розв'язок, при якому значення цільових функцій стали б прийнятними для постановки задачі.

В нашому випадку задача багатокритеріальної оптимізації матиме вигляд:

$$y_1 = 3.12 \cdot x_1 + 3.16 \cdot x_2 + 3.09 \cdot x_3 + 1.04 \cdot x_4 + 3.24 \cdot x_1 \cdot x_2 + 3 \cdot x_1 \cdot x_3 - \\ - 3.23 \cdot x_1 \cdot x_4 - 24.5 \cdot x_2 \cdot x_3 - 2.42 \cdot x_2 \cdot x_4 - 4.7 \cdot x_3 \cdot x_4 - 74.03 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - \\ - 16.3 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0.54 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + 151.26 \cdot x_2 \cdot x_2 \cdot x_4 \rightarrow \min$$

$$y_2 = 63.9 \cdot x_1 + 61.5 \cdot x_2 + 64.2 \cdot x_3 + 48.7 \cdot x_4 + 73 \cdot x_1 \cdot x_2 + 69.1 \cdot x_1 \cdot x_3 + \\ - 89 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 34.7 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + 379.1 \cdot x_2 \cdot x_2 \cdot x_4 \rightarrow \max$$

$$+11149 \cdot x_1 \cdot x_4 + 36824 \cdot x_2 \cdot x_3 + 13952 \cdot x_2 \cdot x_4 + 20227 \cdot x_3 \cdot x_4 + 168363 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + \\ + 18664 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 4166 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 - 311057 \cdot x_2 \cdot x_2 \cdot x_4 \rightarrow \max$$

$$0.2 \leq x_1 \leq 0.35$$

$$0.65 \leq x_2 \leq 0.8$$

$$0.001 \leq x_3 \leq 0.01$$

$$0.01 \leq x_4 \leq 0.04$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

При розробці методів розв'язання багатокритеріальних задач потрібне вирішення ряду специфічних проблем [6-7].

1. Проблема нормалізації. Окремі критерії, як правило мають різні масштаби та одиниці виміру, при цьому є неможливе їх безпосереднє порівняння.

2. Проблема врахування пріоритету критеріїв виникає, коли у критеріїв різна значимість. У цьому випадку потрібно віднайти математичне визначення пріоритету й ступінь його впливу на вирішення задачі.

3. Проблема визначення області компромісу виникає при вирішенні багатовимірних нелінійних задач, тому для їх вирішення потрібно використовувати методи, що гарантують ефективне рішення.

Усі складні задачі прийняття рішень є багатоцільовими, тому що при виборі кращого варіанту потрібно врахувати багато різних вимог й серед них зустрічаються ті, що суперечать одна одній. Тож часто багатоцільову задачу намагаються звести до одноцільової. З вихідної багатокритеріальної задачі у відповідності з обраним методом, формується задача, до складу якої входить один критерій, а до вихідної системи обмежень додається одне або кілька додаткових обмежень.

Очевидно, що не має універсального способу розв'язку багатокритеріальних задач математичного програмування. Тому, вибір й коректне використання будь-якого із представлених способів лишається за суб'єктом прийняття рішень.

Скаляризація багатокритеріальної задачі

Найбільш поширеним евристичним прийомом вирішення тієї чи іншої конкретної багатокритеріальної задачі є її зведення до рішення деякої скалярної (однокритеріальної) задачі, цільова функція якої найчастіше являє собою певну комбінацію наявних критеріїв f_1, f_2, \dots, f_m .

Такий прийом носить назву скаляризації багатокритеріальної задачі. Залежно від способу комбінування наявних декількох критеріїв в єдиний скалярний, отримуємо той чи інший тип скаляризації, який обираємо виходячи із суті розв'язуваної задачі і наявності додаткової інформації про переваги.

Найпростіший спосіб скаляризації заснований на використанні так званої лінійної згортки критеріїв:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot f_i(x) \rightarrow \min$$

$$\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, m, \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$$

На практиці процес скаляризації починають з підбору коефіцієнтів лінійної згортки, тобто чисел $\alpha_i, i = 1, \dots, m$. Ці числа трактують, як якісь «ваги» або «коефіцієнти важливості» відповідних критеріїв, так що більш важливому з них призначають більший коефіцієнт в лінійній згортці критеріїв, а менш важливому менший.

Даний метод зручний у використанні, бо дозволяє зберегти лінійність вихідних функцій. Іншими словами, коли вихідні критерії лінійні, тоді результуючий критерій також буде лінійним.

Зведемо багатокритеріальну задачу до однокритеріальної за допомогою методу лінійної згортки. Задаємо вагові коефіцієнти, які визначають ступінь важливості кожного критерію: $\alpha_1 = 0.34$; $\alpha_2 = 0.33$; $\alpha_3 = 0.33$.

Враховуючи, що всі цільові функції потрібно мінімізувати, для цього ті функції, що досліджуються на максимум були перетворені на функції, що досліджуються на мінімум, за наступною формулою $\min(y) = -\max(y)$.

Мінімізуємо лінійну комбінацію цільових функцій, тобто розв'язуємо задачу:

$$F = \alpha_1 \cdot y_1 + \alpha_2 \cdot y_2 + \alpha_3 \cdot y_3 \rightarrow \min$$

Одержуємо математичну модель задачі однокритеріальної оптимізації наступного вигляду:

$$\begin{aligned} F = & -0.4750 \cdot x_1 - 0.4095 \cdot x_2 - 0.5421 \cdot x_3 - 2.9493 \cdot x_4 - 0.5153 \cdot x_1 \cdot x_2 - \\ & - 0.7193 \cdot x_1 \cdot x_3 - 8.0168 \cdot x_1 \cdot x_4 - 39.0697 \cdot x_2 \cdot x_3 - \\ & - 7.9289 \cdot x_2 \cdot x_4 - 13.2600 \cdot x_3 \cdot x_4 - 148.8703 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 22.4162 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 - \\ & - 1.2639 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + 262.3487 \cdot x_2 \cdot x_2 \cdot x_4 \rightarrow \min \end{aligned}$$

$$0.2 \leq x_1 \leq 0.35$$

$$0.65 \leq x_2 \leq 0.8$$

$$0.001 \leq x_3 \leq 0.01$$

$$0.01 \leq x_4 \leq 0.04$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

Всі описані дії реалізуються програмно у спеціально створеному програмному додатку [8], [9]. Коефіцієнти змінних задачі (y_1, y_2, y_3) зчитуються із файлу *y.txt* (рис.1).

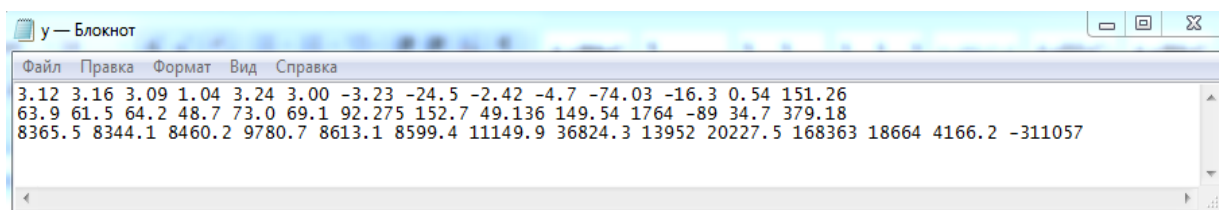
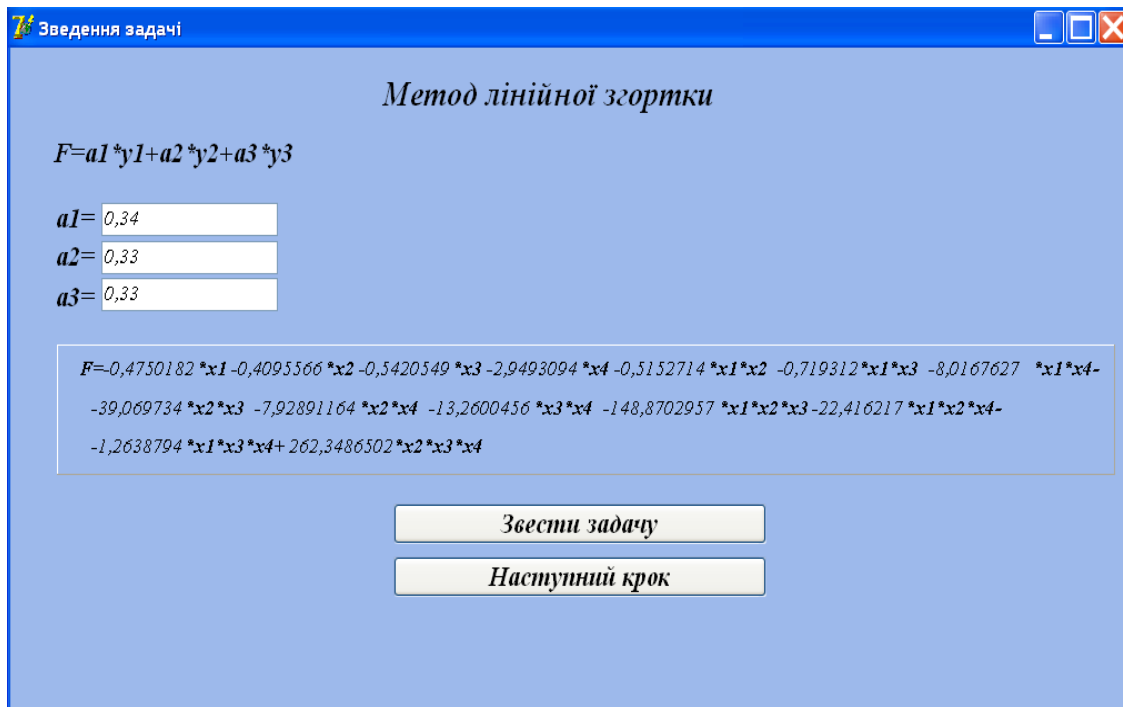


Рис.1. Файл *y.txt* – коефіцієнти математичної моделі

Вагові коефіцієнти згортки задаються на формі. При натисненні кнопки «Звести задачу» на формі з'явиться однокритеріальна задача, що була отримана в результаті обчислень (рис. 2)



Зведення задачі

Метод лінійної згортки

$$F = a_1 * y_1 + a_2 * y_2 + a_3 * y_3$$

$a_1 = 0,34$

$a_2 = 0,33$

$a_3 = 0,33$

$$F = -0,4750182 * x_1 - 0,4095566 * x_2 - 0,5420549 * x_3 - 2,9493094 * x_4 - 0,5152714 * x_1 * x_2 - 0,719312 * x_1 * x_3 - 8,0167627 * x_1 * x_4 - 39,069734 * x_2 * x_3 - 7,92891164 * x_2 * x_4 - 13,2600456 * x_3 * x_4 - 148,8702957 * x_1 * x_2 * x_3 - 22,416217 * x_1 * x_2 * x_4 - 1,2638794 * x_1 * x_3 * x_4 + 262,3486502 * x_2 * x_3 * x_4$$

Звести задачу

Наступний крок

Рис.2. Форма працюючої програми з результатами зведення задачі

Висновки. Реалізація специфічного волокноутворення для чотирьохкомпонентної полімерної суміші являє великий науковий і практичний інтерес, оскільки дає можливість отримувати мікрволокна з унікальними властивостями. Знання оптимального складу суміші дасть змогу керувати процесом волокноутворення. Математичною моделлю процесу є багатокритеріальна задача умовної оптимізації, яка є надзвичайно складною для розв'язання. Отримана в результаті проведених досліджень однокритеріальна задача є значно простішою і може бути в подальшому розв'язана одним з відомих методів. Це є предметом подальших наукових досліджень.

Список використаних джерел

1. Глубіш П. А., Ірклеї В. М., Цебрєнко М. В. та ін. «Високотехнологічні конкурентоспроможні і екологічноорієнтовані волокнисті матеріали та вироби з них» - К.: «Арістей», 2007, 263 с.
2. Цебрєнко М.В. Ультратонкие синтетические волокна. - М.: Химия, 1991. - 214с.
3. Зедгенідзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем, М., «Наука», 1976.
4. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. – М.: Высшая школа, 1985. – 328 с.

5. Резанова В.Г. Дослідження властивостей чотирикомпонентних систем методом математичного моделювання / К.: Вісник КНУТД. – 2014. – № 3. – С. 113-120.
6. Васильев Ф. П. Методы оптимизации – М.: Факториал Пресс, 2002. – 415 с.
7. Лотов А. В., Поспелова И. И. Конспект лекций по теории и методам многокритериальной оптимизации / А. В. Лотов, И. И. Поспелова– М.: ВМиК МГУ, 2006. – 130 с.
8. Алексеев М. О. Delphi. Основы програмування / Алексеев М. О., Кандзюба С. П., Коротенко Л. М., Шевцова О. С. – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 272 с.
9. Культин Н. Основы программирования в Delphi 7. С-Пб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ

РЕЗАНОВА В.Г.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Поиск подходов к решению задачи оптимизации состава четырехкомпонентных смесей полимеров. Преобразование и упрощение задачи для обеспечения возможности дальнейшего решения. Создание специального программного обеспечения.

Методика. В постановке задачи используется математическая модель специфического волокнообразования, построенная по методу наименьших квадратов на основе результатов планирования эксперимента. Дальнейшее преобразование и упрощение задачи осуществляется методом линейной свертки. Программное обеспечение разрабатывалось языке Object Pascal в среде Delphi.

Результаты. Разработано программное обеспечение для преобразования задачи оптимизации состава четырехкомпонентных смесей полимеров при реализации специфического волокнообразования. Оно позволяет упрощать многокритериальную задачу оптимизации, сводя ее к однокритериальной.

Научная новизна. Разработанное программное обеспечение позволяет преобразовывать задачу оптимизации состава четырехкомпонентных смесей полимеров к виду, удобному для дальнейшего решения. В свою очередь, решение задачи оптимизации является составной частью теоретического исследования специфического волокнообразования.

Практическая значимость. Многокритериальная задача условной оптимизации является чрезвычайно сложной для решения, тогда как преобразованная однокритериальная задача может быть в дальнейшем решена одним из известных методов.

Ключевые слова: *волокнообразование, многокритериальная задача, однокритериальная задача, условная оптимизация, программное обеспечение.*

**TRANSFORMATION OF OPTIMIZATION PROBLEM
IN THE STUDY OF FOUR-COMPONENT POLYMER MIXTURE**

REZANOVA V.G.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. Search for approaches to solving the problem of optimization the composition of the four-component mixtures of polymers. Conversion and simplifying of the problem for opportunity of further solving. Creation of a special software.

Method. In the formulation of the problem is used a mathematical model of the specific fiber-formation, built by the method of least squares on the basis of the results of experimental planning. Further transformation and simplification of problems was carried out by the method of linear convolution. The software was developed on Object Pascal language in Delphi environment.

Results. The software to transform the problem of optimizing the composition of the four-component polymer mixtures at the implementation of specific fiber-formation has been developed. It allows to simplify multi-criteria optimization problem by reducing it to a one-criterion.

Scientific novelty. The developed software allows you to transform the problem of optimizing the composition of the four-component polymer mixtures to a form, suitable for further solution. In turn, the solution of the problem of optimization is an integral part of the theoretical study of specific fiber-formation.

The practical significance. Multi-criteria constrained optimization problem is extremely difficult to solve, while the transformed one-criterion problem can be solved in the future by one of the known methods.

Keywords: *fiber-formation, multi-criteria problem, one-criterion problem, conditional optimization, software.*

УДК 621.311.001

КАПЛУН В.В.¹, ПАВЛОВ П.А.², ШТЕПА В.Н.¹
Киевский национальный университет технологий и дизайна¹
Полесский государственный университет, Республика Беларусь²

РЕСУРСНО-ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МИКРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Цель. Обоснование использования ресурсно-процессного подхода для построения математической модели микроэнергетической системы.

Методика. Ввиду дискретного и комбинаторного характера математических задач для систем такого рода, применены принципы структурирования, декомпозиции, конвейеризации, а также методы дискретных систем и дискретной оптимизации, теории расписаний и сетевых графов, теории множеств, алгебры матриц.

Результаты. В работе обосновано применение ресурсно-процессного подхода к построению математической модели микроэнергетической системы. Показано, что создание электроэнергетических комплексов на основе взаимно-интегрированных распределенных источников электроэнергии (традиционных и альтернативных) и компьютерных систем управления с учетом их топологии, базовых и смешанных режимов функционирования, контроля генерации и потребления электроэнергии, синхронизации выполнения заданного множества процессов и использования программного ресурса обеспечит минимизацию расходов, связанную с вынужденными блокировками параллельных процессов при их распределенной обработке.

Научная новизна. Впервые предложен ресурсно-процессный подход для построения математической модели функционирования микроэнергетической системы с взаимно-интегрированными распределенными источниками электроэнергии и компьютерными системами управления с учетом топологии, базовых и смешанных режимов функционирования, контроля генерации и потребления электроэнергии, синхронизации выполнения заданного множества процессов и использования программного ресурса.

Практическая значимость. Полученные результаты создают предпосылки для решения задач, связанных с математическим моделированием функционирования сложных многокомпонентных систем, определения процедур анализа их эффективности и оптимальности, развитием алгоритмов управления и численных методов, созданием системного и прикладного программного обеспечения, разработкой принципов синтеза структур таких систем.

Ключевые слова: микроэнергетическая система (микросеть, microgrid), распределенные источники электроэнергии, smart grid, взаимодействующие процессы, программный ресурс, асинхронный и синхронный режимы.

Введение. Сегодняшние энергетические рынки претерпевают трансформацию. Альтернативные энергетические технологии становятся более доступными. Альтернативные источники с использованием солнечных батарей, ветрогенераторов, газогенераторов на основе биогаза и др. уже стали нормой во многих странах, где из-за высокой стоимости и опасности для экологии «традиционных» источников энергии переходят на возобновляемые источники. Часто возобновляемые источники малой мощности интегрируются в существующую систему электропитания и образуют так называемую микросеть или microgrid. Развитие распределенных микросетей придало значительный импульс

альтернативной энергетике, а применение smart grid технологий создает возможности для повышения надежности электрообеспечения и оптимизации расходов на электроэнергию [1].

Микросетью (microgrid) называют группу взаимосвязанных нагрузок одного или нескольких локальных объектов клиентов и распределенных энергетических ресурсов в рамках четко определенных границ, которая действует как единый управляемый объект, которую можно подключать к внешней электросети и использовать автономно. Основная отличительная особенность распределенной микросети заключается в возможности автономной работы при отключении от внешней электросети. Microgrid обладают широкими возможностями интегрировать распределенные возобновляемые источники энергии в существующие сети. Оптимальное взаимодействие распределенных источников электроэнергии, внешней электросети и потребителей является ключевым в функционировании микроэнергетических систем (МЭС) и требует инновационных подходов при решении задач управления ими.

Вместе с тем, microgrid также открывает дорогу для внедрения радикальных инноваций в энергетике на основе интеллектуальных on-line технологий smart grid. Такие распределенные микросети улучшают взаимодействие между разнородными источниками энергии, упрощают процедуру формирования алгоритмов управления.

Современный рынок электрической энергии, в основе функционирования которого используются дифференцированные тарифы по временным зонам, стимулирует проектирование и создание инновационных автоматизированных энергетических комплексов передачи, генерации и учета электроэнергии, позволяющие оптимизировать стоимость энергопотребления. Создание таких комплексов предусматривает взаимную интеграцию систем энергоснабжения и компьютерных систем регулирования энергопотреблением.

Очевидно, что задачи создания эффективных энергетических комплексов взаимно-интегрированных распределенных источников и компьютерных систем управления энергопотреблением имеют особую актуальность и призваны совершенствовать существующие математические методы и модели для адекватного описания топологии таких систем электрообеспечения, базовых и смешанных режимов их функционирования, процессов контроля генерации и потребления электроэнергии и др.

В настоящее время есть необходимость создания современных электротехнических комплексов электрообеспечения на основе МЭС как автоматизированных высокоэффективных масштабируемых энергетических систем с компьютерной обработкой одновременно взаимодействующих процессов в режиме реального времени. Такие системы позволят в реальном времени оптимально управлять любыми сегментами энергетического комплекса (генерация, накопление, потребление электроэнергии), планировать подключение новых объектов к энергосистеме, оперативно перераспределять потоки электроэнергии (изменять графики электропотребления), обрабатывать большие массивы информации. Они обеспечат оперативность и эластичность к критериям оптимального управления режима функционирования, включая различные тарифные зоны внешней сети, уровень генерации возобновляемых источников, контроль и учет электропотребления и др.

Решение такого рода задач связано с математическим моделированием функционирования сложных многокомпонентных систем, определения процедур анализа их

эффективности и оптимальности, развитием алгоритмов и численных методов, созданием системного и прикладного программного обеспечения, разработкой принципов синтеза структур таких систем.

В области microgrid ведутся интенсивные исследования. Однако, понимание ряда аспектов, связанных с их функционированием, находятся на интуитивном уровне. Это трудные в математическом отношении задачи по расчету оптимальных технических характеристик источников microgrid, характеристик оптимальной организации большого числа одновременно взаимодействующих параллельных процессов, определению границ эффективности применения методов их моделирования, количественной и качественной оценки различных стратегий управления такими процессами, включая создание управляющих алгоритмов и соответствующего программного обеспечения с учетом характеристик конкретных условий функционирования систем [1,2].

Постановка задачи. Одной из центральных в этих направлениях и во многом объединяющая их является проблема оптимального распределения ресурсов МЭС и, прежде всего, программных, так как именно они являются не только основными вычислительными ресурсами, но и интегрированными средствами, через которые осуществляются запросы на использование остальных ресурсов. Это порождает, в свою очередь, множество конкурирующих за их использование процессов [3]. Поэтому, от успешного решения проблем оптимальной организации выполнения множества конкурирующих процессов, зависит эффективность, работоспособность, надежность и эффективность таких систем в целом.

Из вышесказанного следует, что процесс создания эффективных МЭС с несколькими источниками распределенной генерации, требует разработки математических методов и моделей, позволяющих решать следующие задачи:

- организации выполнения параллельных конкурирующих процессов в различных режимах их взаимодействия в условиях стохастического характера генерации электроэнергии разнородными источниками;
- оптимального в энергетическом отношении выполнения множества избранных параллельных конкурирующих процессов и определения критериев их эффективности;
- отображения параллельных алгоритмов и соответствующих их программных реализаций с учетом архитектурных особенностей МЭС.

Результаты исследования. В виду дискретного и комбинаторного характера математических задач систем такого рода прогресс в их решении может быть достигнут за счет применения принципов структурирования, декомпозиции, конвейеризации, а также за счет применения математического аппарата и методов дискретных систем и дискретной оптимизации, теории расписаний и сетевых графов, теории множеств, алгебры матриц и др.

Особенности построения математических моделей функционирования МЭС с несколькими источниками распределенной генерации. Конструктивными элементами для построения математических моделей функционирования МЭС с несколькими источниками распределенной генерации, реализующих принципы параллельной обработки, являются понятия *процесса* и *программного ресурса* [4].

Конкретизация понятия процесса зависит от целей исследования. Будем рассматривать *процесс* (процесс генерации и распределения электроэнергии, процесс

дистанционного управления устройством, процесс диагностирования оборудования, процесс получения on-line информации, процесс формирования документов и др.) как *последовательность наборов блоков (команд, процедур)* $I_s = (1, 2, \dots, s)$. С целью наиболее эффективного решения задач синхронизации параллельных процессов, существенной минимизации системных затрат и простоев исполнительных (обрабатывающих) устройств, для процессов строятся расписания моментов запуска и окончания выполнения каждого из блоков. Моменты времени начала выполнения каждого блока определяются последовательностью (t_1, t_2, \dots, t_s) . Считая, что блоки выполняются строго последовательно, в ходе своей реализации являются неделимыми и имеют длительности выполнения $d_j > 0$, $j = \overline{1, s}$, получим, что моменты времени завершения выполнения блоков определяются последовательностью вида $(t_1 + d_1, t_2 + d_2, \dots, t_s + d_s)$.

Для ускорения выполнения процессы могут исполняться псевдопараллельно на одном исполнительном устройстве или параллельно на разных исполнительных устройствах, взаимодействуя между собой. Процессы, которые влияют на поведение друг друга путем обмена информацией, называют кооперативными или взаимодействующими процессами.

В ходе своего выполнения состояние процесса может многократно изменяться. Будем считать, что процесс является *активным* и находится в состоянии *выполнения*, если достигается равенство $t_{j+1} = t_j + d_j$, т. е. для выполнения процесса выделено обрабатывающее устройство, и после завершения выполнения очередного блока процесса сразу же начинается выполнение следующего блока. Соотношение $t_{j+1} > t_j + d_j$ означает, что после выполнения очередного блока процесс *приостановлен* и ожидает возможности для продолжения своего выполнения. Данная приостановка может быть вызвана необходимостью разделения использования единственного обрабатывающего устройства между одновременно исполняемыми процессами. В этом случае приостановленный процесс находится в состоянии *ожидания* момента предоставления обрабатывающего устройства для своего выполнения. Кроме того, приостановка выполнения процесса может быть вызвана и временной неготовностью процесса к дальнейшему выполнению. В подобных ситуациях говорят, что процесс является *блокированным* и находится в состоянии *блокировки*.

Итак, МЭС с несколькими источниками распределенной генерации будем рассматривать как масштабируемую систему с определенным агрегированным процессом, получаемым путем параллельного объединения составляющих конкурирующих взаимодействующих процессов.

При разработке МЭС существует ряд особенностей одновременного выполнения множества конкурирующих взаимодействующих процессов, которые могут быть сформулированы в виде ряда принципиальных положений:

- моменты выполнения блоков разных процессов могут чередоваться по времени;
- между моментами исполнения блоков разных процессов могут выполняться различные временные соотношения, характер этих соотношений зависит от долевого участия распределенных источников в генерации, согласования графика электропотребления с графиком электрогенерации, текущей емкости накопителей электроэнергии, быстродействия исполнительных устройств и, тем самым, не может быть определен заранее;

• временные соотношения между моментами исполнения блоков процессов могут различаться при разных запусках программ на выполнение, т.е. одной и той же программе при одних и тех же исходных данных могут соответствовать разные последовательности команд вследствие разных вариантов чередования моментов работы разных исполнительных устройств;

• доказательство правильности получаемых результатов должно проводиться для любых возможных временных соотношений процессов;

• для исключения зависимости результатов выполнения программы от порядка чередования блоков разных процессов необходим анализ ситуаций взаимовлияния процессов и разработка методов для их исключения.

Понятие *ресурса* обычно используется для обозначения любых объектов энергосистемы, которые могут быть использованы множеством процессов для своего выполнения. В качестве ресурсов могут рассматриваться разнородные источники распределенной генерации, преобразовательные устройства, электропотребители, накопители энергии, программы, данные и др. По характеру использования различают следующие категории ресурсов:

• *выделяемые (монополюльно используемые)* ресурсы характеризуются тем, что выделяются процессам в момент их возникновения и освобождаются только в момент завершения выполнения процессов;

• *повторно распределяемые* ресурсы отличаются возможностью динамического запрашивания, выделения и освобождения в ходе выполнения процессов;

• *разделяемые* ресурсы, особенность которых состоит в том, что они постоянно остаются в общем использовании и выделяются процессам для использования в режиме разделения времени;

• *многократно используемые (реентерабельные)* ресурсы характеризуются возможностью одновременного использования множеством процессов.

Для МЭС с несколькими источниками распределенной генерации характерной является ситуация, когда управляющей системе одну и ту же программу или ее часть необходимо выполнять многократно с целью обработки множества процессов разной природы. Такую программу или ее часть будем называть *программным ресурсом*.

Решая проблему распределения программных ресурсов между процессами МЭС системы, неявно решаются задачи эффективного использования остальных ресурсов системы. С этой точки зрения программный ресурс является интегрированным средством по запросам на другие ресурсы. С другой стороны, эффективно решая задачу распределения программных ресурсов, решаем проблему сокращения времени обработки и выполнения процессов, что позволит оптимизировать стоимость энергопотребления.

Итак, с помощью понятий процесса и программного ресурса показано, что проектирование, создание, функционирование и исследование МЭС с несколькими источниками распределенной генерации сводится к решению задач организации взаимодействия параллельных процессов, конкурирующих за определенный ресурс.

Концептуальный подход структурирования МЭС. Структурирование (*декомпозиция*) – это основной способ упрощения сложных задач, систем, процессов, программ и др. Структурирование предполагает разбиение большой задачи на составные ее

части (подзадачи, блоки) с последующей организацией их линейного или частичного порядка выполнения [5,6].

При моделировании, проектировании и создании автоматизированных высокопроизводительных масштабируемых систем с различной архитектурой, системного и прикладного программного обеспечения для них, фундаментальный характер приобретают принципы структурирования именно *программного ресурса*.

Основная идея метода структурирования состоит в обеспечении специального способа разбиения программного ресурса на блоки и организации параллельного использования этих блоков множеством конкурирующих взаимодействующих процессов. Главным требованием к разбиению программных ресурсов на блоки является гарантированное обеспечение использования каждого блока для выполнения только одним процессом. Данное требование в литературе называется *взаимоисключением* процессов. Время, в ходе которого процесс использует программный ресурс, называется *критической секцией* процесса. С использованием последнего понятия условие взаимоисключения процессов может быть сформулировано как требование нахождения в критических секциях по использованию одного разделяемого ресурса не более одного процесса. Достигается это с помощью специальных аппаратных и программных средств.

Пусть PR – программный ресурс, $n \geq 2$ – число конкурирующих за его выполнение процессов. Требуется организовать выполнение всех процессов использующих программный ресурс таким образом, чтобы общее время их выполнения было минимальным.

Одной из стратегий решения данной задачи с $p \geq 2$ обрабатываемыми устройствами является предоставление каждому процессу отдельной копии PR . Но этот путь не всегда осуществим из-за ограниченного объема ресурсов компьютерных систем и тем более трудно достижим в случае больших программ, используемых в качестве программных ресурсов. Поэтому при решении данной задачи применяется стратегия последовательного обслуживания n процессов с использованием различных механизмов их синхронизации. В этом случае суммарное время выполнения процессов составит величину $T_{sum} = nT$, где T – время выполнения каждым из процессов программного ресурса. Дополнительные временные затраты на синхронизацию процессов здесь не учитываются.

Время T_{sum} можно существенно сократить, если обеспечить структурирование программного ресурса на блоки Q_1, Q_2, \dots, Q_s с последующей конвейеризацией как блоков по процессам, так и процессов по обрабатываемым устройствам микроэнергосистемы. Для этого необходимо выполнить следующие основные этапы:

- структурирование программного ресурса на блоки Q_1, Q_2, \dots, Q_s ;
- организация одновременного (параллельного) взаимодействия обрабатываемых устройств, процессов и блоков структурированного программного ресурса;
- совмещение во времени выполнения различных процессов;
- запоминание после завершения выполнения очередного блока и восстановление перед началом выполнения следующего блока промежуточных состояний процессов;
- запуск процессов на выполнение и их завершение;
- выбор способов (режимов) взаимодействия обрабатываемых устройств, процессов и блоков (асинхронный режим, синхронные режимы и т. д.);

- наличие специальных программных средств описания взаимодействия процессов, обрабатывающих устройств и блоков программного ресурса, а также разработка алгоритмов реализации такого взаимодействия;
- обеспечение операционной поддержки взаимодействия процессов, обрабатывающих устройств и блоков.

Структурирование программного ресурса на блоки осуществляется, как правило, либо исходя из физического смысла решаемой задачи на этапах создания математической модели и алгоритмов её решения, либо путём анализа готовой, последовательной программы с целью её декомпозиции. Число блоков, на которое осуществляется декомпозиция программного ресурса, зависит от количества процессов, обрабатывающих устройств, длительности выполнения программного ресурса, накладных расходов и других параметров [6].

Один из возможных способов (механизмов) взаимодействия процессов, обрабатывающих устройств и блоков следующий. Блоки, процессы и обрабатывающие устройства масштабируемой энергосистемы нумеруются в порядке $1, 2, \dots, s$, $1, 2, \dots, n$ и $1, 2, \dots, p$ соответственно. Причем на множестве блоков установлен линейный порядок их выполнения. Предполагается, что все n процессов используют одну копию структурированного программного ресурса. В дальнейшем под *процессом* будем понимать выполнение всех блоков *программного ресурса* в порядке $1, 2, \dots, s$. При этом процесс называется *сосредоточенным*, если все блоки программного ресурса выполняются на одном и том же обрабатывающем устройстве, и *распределённым*, если все блоки или их часть выполняются на разных обрабатывающих устройствах.

Специально выделенный организующий процесс (компьютерная программа) предоставляет блоки структурированного программного ресурса Q_1, Q_2, \dots, Q_s каждому из процессов в порядке $1, 2, \dots, n$. При этом в случае сосредоточенной обработки возможна монополизация обрабатывающим устройством i -го процесса. Если блок Q_j , $j = \overline{1, s}$, освобождается очередным i -м процессом, то он предоставляется $(i + 1)$ -му процессу, а сам i -й процесс получает в своё распоряжение $(j + 1)$ -й блок либо переводится в состояние ожидания до освобождения $(j + 1)$ -го блока, $i = \overline{1, n - 1}$, $j = \overline{1, s - 1}$ и т. д. В случае распределённой обработки монополизация обрабатывающими устройствами процессов не происходит, а блоки одного и того же процесса выполняются на разных обрабатывающих устройствах.

Очевидно, что при наличии в масштабируемой энергетической системе p обрабатывающих устройств возможно совмещённое во времени выполнение процессов. Запоминание и восстановление промежуточных состояний процессов, запуск процессов на выполнение и их завершение, выбор режимов взаимодействия процессов, обрабатывающих устройств и блоков программного ресурса осуществляет специальная программа или организующий процесс.

Следует отметить, что при организации выполнения множества параллельных взаимодействующих конкурирующих процессов по методу структурирования в автоматизированных масштабируемых системах и комплексах в качестве блоков

структуризованного програмного ресурса могут служить потоки електроенергії, запити користувачів, потоки інформації і др.

Математична модель МЭС системи розподіленої обробки одночасно взаємодіючих конкуруючих процесів включає в себе:

- $p, p \geq 2$, оброблюваних пристроїв МЭС з паралельними процесами;
- $n, n \geq 2$, розподілених конкуруючих взаємодіючих процесів;
- $s, s \geq 2$, блоків структурованого програмного ресурса PR ;
- $T = [t_{ij}]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$, матриця часів виконання блоків програмного ресурса конкуруючими процесами.

Припускається, що всі n процесів є *розподіленими*, т. є. всі блоки процесів або їх частину обробляються різними оброблюваними пристроями, а також використовують одну копію структурованого на блоки програмного ресурса, причому з фізичних міркувань на множині блоків встановлено лінійний порядок їх виконання Q_1, Q_2, \dots, Q_s .

Введемо в розгляд параметр $\varepsilon > 0$, що характеризує час додаткових системних витрат, пов'язаних з організацією паралельного використання блоків структурованого програмного ресурса множиною конкуруючих процесів при розподіленої обробці.

Припускається, що взаємодія оброблюваних пристроїв, процесів і блоків програмного ресурса МЭС підпорядковано наступним умовам:

- 1) ні один з блоків програмного ресурса не може оброблятися одночасно більше ніж одним оброблюваним пристроєм;
- 2) ні один з оброблюваних пристроїв не може обробляти одночасно більше одного блоку PR ;
- 3) обробка кожного блоку програмного ресурса здійснюється без переривань;
- 4) розподілення блоків програмного ресурса по оброблюваним пристроям для кожного з процесів здійснюється циклічно за правилом: блок з номером $j = kp + i$, $j = \overline{1, s}$, $i = \overline{1, p}$, $k \geq 0$, розподіляється на оброблюване пристрій з номером i .

Введемо додаткове умову, яке визначає асинхронний режим взаємодії процесів, оброблюваних пристроїв і блоків програмного ресурса:

- 5) відсутні простоя оброблюваних пристроїв при умові готовності блоків на виконання, а також невыполнение блоків при наявності оброблюваних пристроїв.

Асинхронний режим взаємодії оброблюваних пристроїв, процесів і блоків програмного ресурса, передбачає відсутність простоя оброблюваних пристроїв при умові готовності блоків PR , а також невыполнение блоків при наявності оброблюваних пристроїв [7].

Визначення 1. Система n розподілених конкуруючих взаємодіючих процесів називається *неоднорідною*, якщо часи виконання блоків програмного

ресурса Q_1, Q_2, \dots, Q_s зависят от объемов обрабатываемых данных и/или их структуры, т. е. разные для разных процессов.

На рис. 1 представлен пример диаграммы Ганта, которая отображает выполнение $n = 4$ неоднородных распределенных конкурирующих процессов, использующих структурированный на $s = 3$ блока программный ресурс в автоматизированной энергосистеме с $p = 3$ обрабатывающими устройствами. Матрица времен выполнения блоков программного ресурса конкурирующими процессами с учетом введенного параметра ε имеет вид:

$$T^\varepsilon = \begin{bmatrix} t_{11}^\varepsilon & t_{12}^\varepsilon & t_{13}^\varepsilon \\ t_{21}^\varepsilon & t_{22}^\varepsilon & t_{23}^\varepsilon \\ t_{31}^\varepsilon & t_{32}^\varepsilon & t_{33}^\varepsilon \\ t_{41}^\varepsilon & t_{42}^\varepsilon & t_{43}^\varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 3 \\ 1 & 4 & 1 \\ 3 & 3 & 2 \\ 3 & 1 & 2 \end{bmatrix}.$$

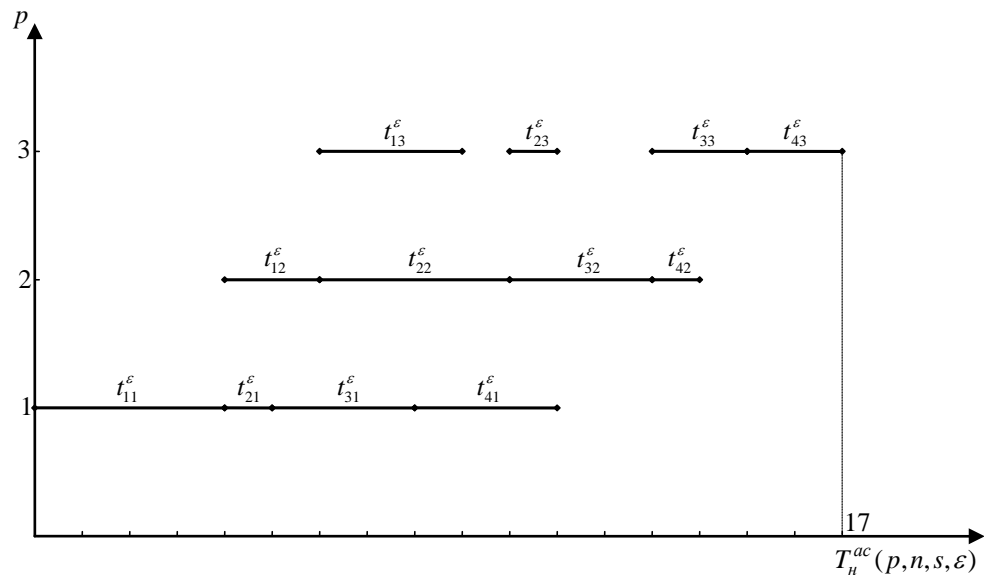


Рис. 1. Асинхронный режим распределенных конкурирующих процессов

Введем следующие условия:

б) для каждого из n процессов момент завершения выполнения j -го блока i -м обрабатывающим устройством совпадает с моментом начала выполнения следующего $(j+1)$ -го блока $(i+1)$ -м обрабатывающим устройством, $i = \overline{1, p-1}$, $j = \overline{1, s-1}$;

7) для каждого из блоков программного ресурса момент завершения его выполнения l -м процессом совпадает с моментом начала его выполнения $(l+1)$ -м процессом на том же обрабатывающем устройстве, $l = \overline{1, n-1}$.

Если к условиям 1–4 добавить поочередно условия 6 и 7 соответственно, то получим два базовых синхронных режима.

Первый синхронный режим, определяемый условиями 1–4, 6, обеспечивает непрерывное выполнение блоков программного ресурса внутри каждого из процессов (рис. 2).

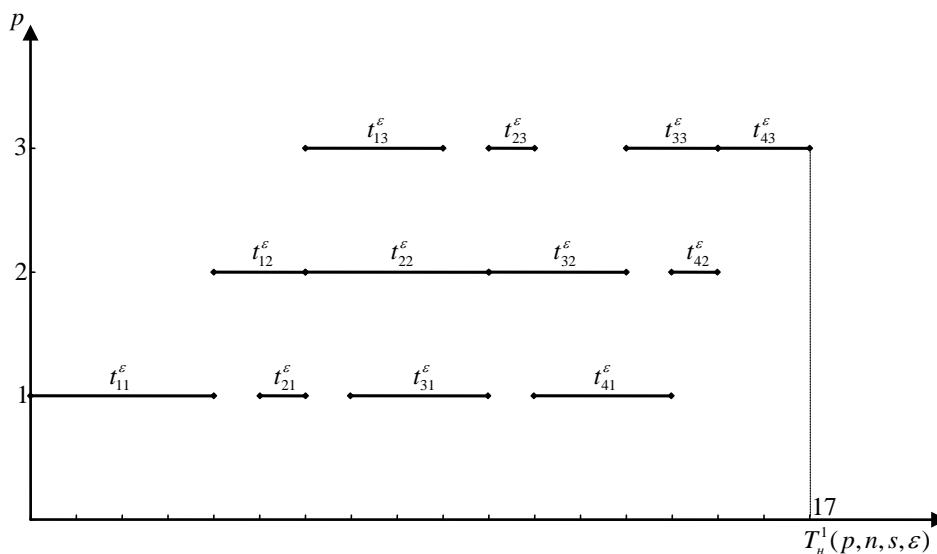


Рис. 2. Первый синхронный режим

Второй синхронный режим, определяемый условиями 1–4, 7, обеспечивает непрерывное выполнение каждого блока PR всеми процессами (рис. 3).

Определение 2. Систему распределенных конкурирующих процессов будем называть *однородной*, если времена выполнения Q_j -го блока программного ресурса каждым из i -х процессов равны, т.е. $t_{ij} = t_j$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, s}$.

Определение 3. Систему конкурирующих процессов будем называть *одинаково распределенной*, если времена выполнения блоков t_{ij} программного ресурса каждым из i -х процессов совпадают и равны t_i для всех $i = \overline{1, n}$, т.е. справедлива цепочка равенств $t_{i1} = t_{i2} = \dots = t_{is} = t_i$ для всех $i = \overline{1, n}$.

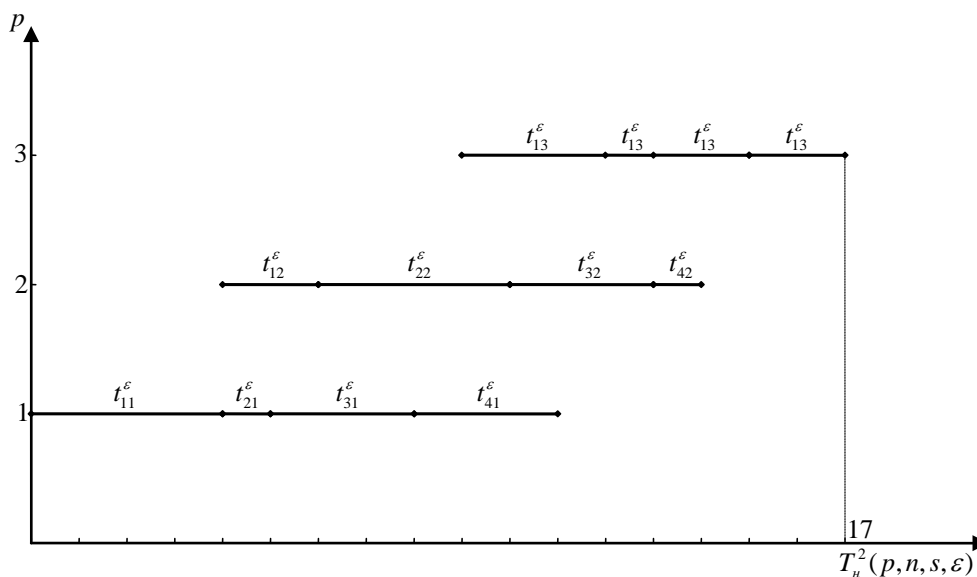


Рис. 3. Второй синхронный режим

Выводы. В данной статье предложена модель управления современной МЭС, которая представляет собой интегрированную систему взаимодействующих параллельных

процессов, конкурирующих за программный ресурс. Предложенные идеи являются отправной точкой для решения ряда практических задач, связанных с оптимальной организацией конкурирующих взаимодействующих процессов. Интерес представляют задачи оптимального управления сложными многокомпонентными системами с параллельными процессами, связанные с получением математических соотношений для вычисления точных значений общего минимального времени выполнения множества процессов в различных режимах взаимодействия процессов, обрабатывающих устройств и блоков программного ресурса. Это, прежде всего, проблемы синхронизации выполнения множества процессов и блоков программного ресурса, так как организация их выполнения в синхронных режимах позволяет свести к минимуму непроизводительные простои обрабатывающих устройств и задержки выполнения блоков, а также минимизировать расходы, связанные с вынужденными блокировками процессов при их синхронизации. Характер полученных зависимостей позволит также явно учитывать параметр, характеризующий дополнительные расходы времени, связанные с затратами на реализацию механизмов управления параллельными процессами при распределенной обработке.

Полученные формулы и оценки минимального общего времени служат основой для решения задач оптимизации числа блоков при заданных параметрах p , n , T с учетом расходов $\varepsilon > 0$, нахождения оптимального числа обрабатывающих устройств и (или) директивных сроков реализации процессов, получения критериев эффективности и оптимальности структурирования программных ресурсов, исследования всевозможных смешанных режимов организации выполнения параллельных процессов при распределенной обработке. Предложенные подходы дадут возможность решать задачи синтеза эффективных энергетических комплексов на основе взаимно-интегрированных распределенных источников и компьютерных систем, а также разработки алгоритмов оптимального управления энергопотреблением в МЭС. Решение всех вышеизложенных задач будет изложено авторами в последующих работах.

Список использованной литературы

1. Каплун В.В., Козирський В.В., Петренко А.В. Комбіновані системи електроживлення з поновлюваними джерелами енергії// - К.: ЦТІ «Аграр Медіа Груп», 2011. – 330 с.: іл. 134.
2. Kozyrskiy V., Kaplun V. Analysis of streams in local systems with distributed generation by methods of graph theory// Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture. N57.:pp.109-112, 2011.
3. Павлов П.А. Организация однородных конкурирующих процессов при распределенной конвейерной обработке // Проблемы управления. – 2010. – №3. – С. 66–72.
4. Павлов П.А., Коваленко Н.С. Математическое моделирование параллельных процессов. – Germany: Lambert Academic Publishing. – 2011. – 246 с.
5. Pavlov P.A. The optimality of software resources structuring through the pipeline distributed processing of competitive cooperative processes / P.A. Pavlov // Contemporary problems of mathematics, mechanics and computing sciences. / N.N.Kizilova, G.N.Zholtkevych (eds). – 2011. – Kharkov: Apostrophe. – PP. 192–204.

6. Pavlov P.A. The optimality of software resources structuring through the pipeline distributed processing of competitive cooperative processes / P.A. Pavlov // International Journal of Multimedia Technology (IJMT). – 2012. – Vol.2, №1. – PP. 5–10.

7. Kovalenko N.S., Pavlov P.A., Ovseev M.I. Asynchronous distributed computations with a limited number of copies of a structured program resource / N.S. Kovalenko, P.A. Pavlov, M.I. Ovseev // Cybernetics and systems analysis. – 2012. – Vol.48, №1. – PP. 86–98.

РЕСУРСНО-ПРОЦЕСНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ МІКРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

КАПЛУН В.В.¹, ПАВЛОВ П.А.², ШТЕПА В.Н.¹

Київський національний університет технологій та дизайну¹

Полесский государственный университет, Республика Беларусь²

Мета. Обґрунтування використання ресурсно-процесного підходу для побудови математичної моделі мікроенергетическої системи.

Методика. Зважаючи на дискретний і комбінаторний характер математичних задач для систем такого роду, застосовані принципи структурування, декомпозиції, конвейеризації, а також методи дискретних систем і дискретної оптимізації, теорії розкладів і мережевих графів, теорії множин, алгебри матриць.

Результати. У роботі обґрунтовано застосування ресурсно-процесного підходу до побудови математичної моделі мікроенергетичної системи. Показано, що створення електроенергетичних комплексів на основі взаємно-інтегрованих розподілених джерел електроенергії (традиційних і альтернативних) та комп'ютерних систем управління з урахуванням їх топології, базових і змішаних режимів функціонування, контролю генерації і споживання електроенергії, синхронізації виконання заданої множини процесів і використання програмного ресурсу, забезпечить мінімізацію витрат, пов'язану з вимушеними блокуваннями паралельних процесів при їх розподіленій обробці.

Наукова новизна. Вперше запропоновано ресурсно-процесний підхід для побудови математичної моделі функціонування мікроенергетичної системи з взаємно-інтегрованими розподіленими джерелами електроенергії і комп'ютерними системами управління з урахуванням топології, базових і змішаних режимів функціонування, контролю генерації та споживання електроенергії, синхронізації виконання заданої множини процесів і використання програмного ресурсу.

Практична значимість. Одержані результати створюють передумови для вирішення завдань, пов'язаних з математичним моделюванням функціонування складних багатокомпонентних систем, визначення процедур аналізу їх ефективності та оптимальності, розвитком алгоритмів управління та чисельних методів, створенням системного і прикладного програмного забезпечення, розробкою принципів синтезу структур таких систем.

Ключові слова: мікроенергетична система, мікромережа, microgrid, розподілені джерела електроенергії, smart grid, взаємодіючі процеси, програмний ресурс, асинхронний і синхронний режими.

THE APPROACH TO MATHEMATICAL MODELING MICROGRID ENERGY SYSTEMS BASED ON PROCESSES AND RESOURCES

KAPLUN V.V.¹, PAVLOV P.A.², SHTEPA V.N.¹

1-Kyiv National University of Technologies & Design

2- Polessky State University, Republic of Belarus

Purpose. Rationale of the approach to mathematical modeling microgrid energy systems based on processes and resources.

Methods. Due to the discrete and combinatorial mathematical problems for such systems by applying the principles of structuring, decomposition, pipelining, as well as the methods of discrete systems and discrete optimization, scheduling theory and network graphs, set theory, matrix algebra.

Results. It was justified the approach to to mathematical modeling microgrid energy systems by using theory of processes and resources. It is shown that the establishment of electric power systems based on one-to-integrated distributed energy sources (traditional and alternative) and computer control systems based on their topology, basic and mixed modes of operation, generating control and energy consumption, the synchronization performance of a given set of processes and software resources using, the minimizing costs were associated with the forced locking of parallel processes in their distributed processing.

Originality. For the first time it was proposed the approach to build a microgrid mathematical model with one-to-integrate distributed energy sources and computer management systems, taking into account topology, basic and mixed modes of operation, generating control and energy consumption, the synchronization performance of a given set of processes and software resources using.

The practical significance. The results set the stage for problems solving relate to the mathematical modeling of the functioning of complex multi-component systems, the definition of procedures for the analysis of their efficiency and optimality, the development of control algorithms and numerical methods, creation of system and application software, design principles of synthesis of structures of such systems.

Keywords: *microgrid, distributed energy sources, smart grid, interacting processes, software resource, asynchronous and synchronous modes.*

УДК 629.7

КАЛИНИНА Т.А., ЛАЗАРЕВА Д.В., ПОТАПЕНКО А.И.
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Одесский национальный политехнический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОМПОЗИТНЫХ ПЛАСТИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА ANSYS

Цель. Моделирование и расчет прямоугольных пластин из композиционного материала и стали при одинаковой геометрии, граничных условиях и внешней нагрузке.

Методика. Композитная пластина представляет собой четырехслойный пакет, составленный из слоев углепластика. При конечно-элементном моделировании обеих пластин использован режим упорядоченной сетки с квадратичными элементами.

Научная новизна. Анализ полученных результатов показал, что напряжения и прогибы в композитной пластине значительно выше, чем в стальной. Отмечено также, что напряжения в композитной пластине, определенные по критерию Цая-Ву, существенно отличаются от напряжений, вычисленных по критерию Мизеса, что определяет необходимость использования критерия Цая-Ву при прочностном анализе конструкций из слоистых композиционных материалов.

Практическая значимость. Рассмотрен сравнительный расчет прямоугольных пластин из композиционного материала и стали в программе ANSYS при одинаковой геометрии, граничных условиях и внешней нагрузке. Выполнено сравнение результатов по критерию Мизеса и критерию Цая-Ву. Определены напряжения и прогибы в характерных точках обеих пластин.

Ключевые слова: слой, углепластик, композитная пластина, критерий Мизеса, критерий Цая-Ву, напряжение, прогиб, ANSYS

Введение. Совершенствование прочностных и деформационных свойств современных конструкций характеризуется широким использованием новых высокопрочных и высокомодульных композиционных материалов. Расчет конструкций из таких материалов связан со значительными математическими проблемами, поскольку они являются неоднородными, анизотропными, их свойства существенно зависят от технологии производства. В этой связи проектирование и расчет композитных конструкций, как правило, требуют применения наукоемких инженерных программ, подавляющее большинство которых основывается на методе конечных элементов (МКЭ) [1-3].

Ныне существует большое количество программ, при помощи которых возможно моделирование композитов. Это такие программы, как SolidWorks, MSC.PATRAN-NASTRAN, MSC.Laminate Modeler и др. Здесь мы рассмотрим применение программы ANSYS [4].

Вопросу расчета изгибаемых изотропных пластин посвящено очень много публикаций. И хотя построить аналитическое решение удастся не всегда, известны решения Навье и Леви [5], эффективное применение численно-аналитического метода граничных элементов [6] и множество других подходов, имеющих ту или иную область применения. В последние десятилетия резко увеличилось количество работ, связанных с исследованиями прочности многослойных конструкций и, в частности, пластин из композиционных материалов. Здесь аналитические методы не приносят желаемого результата, поэтому получили развитие численные методы. Отметим хорошо известные работы Н.А. Алфутова, Л.А. Бохоевой [7], С.В. Серенсена, В.В. Васильева [8], Р. Крюгера [9] и др.

Постановка задачі. Рассматривается прямоугольная пластина с шарнирным опиранием по всему контуру, к которой приложена равномерно распределенная нагрузка интенсивностью $q = 20 \text{ кПа}$ (рис. 1).

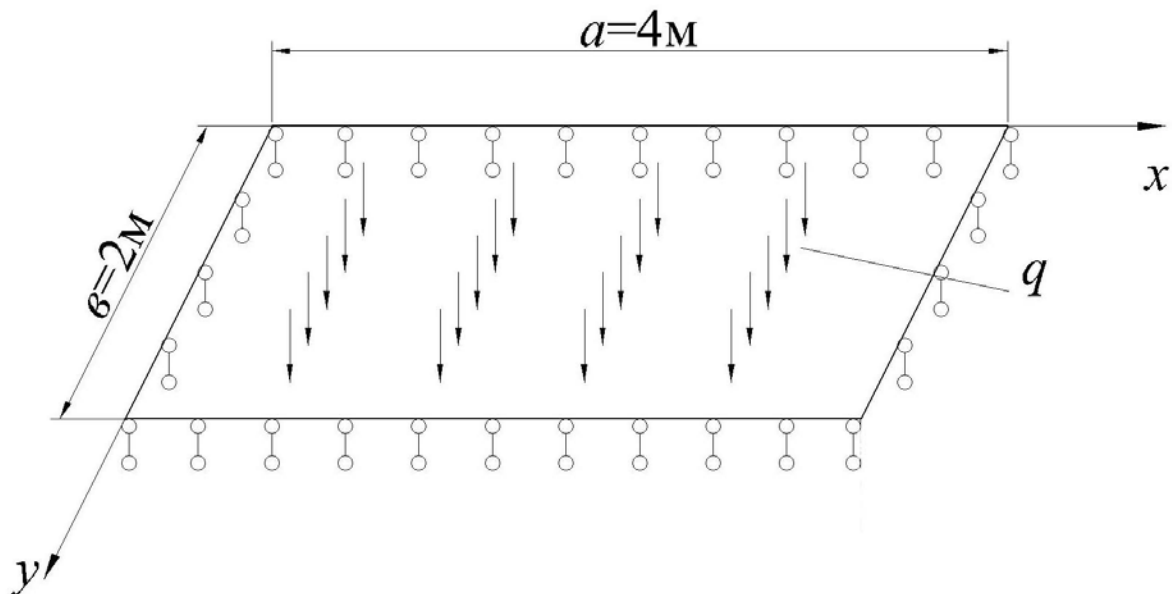


Рис. 1. Прямоугольная пластина с шарнирным опиранием по всему контуру

Геометрические параметры: ширина пластинки $b = 2 \text{ м}$; длина $a = 4 \text{ м}$; высота $h = 0,1 \text{ м}$. Для стальной пластинки модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$. Для пластины из композиционных материалов выбраны свойства углепластика: модуль упругости вдоль оси x — $E_X = 16 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, модуль упругости вдоль оси y — $E_Y = 8 \cdot 10^3 \text{ МПа}$, модуль упругости вдоль оси z — $E_Z = 8 \cdot 10^3 \text{ МПа}$.

Коэффициенты Пуассона — $\mu_{xy} = 0,25$; $\mu_{yz} = 0,3$; $\mu_{xz} = 0,25$.

Модули сдвига — $G_{xy} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ кПа}$; $G_{yz} = 3,08 \cdot 10^3 \text{ кПа}$; $G_{xz} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ кПа}$.

Программа ANSYS позволяет моделировать композиционные материалы при помощи специализированных элементов, называемых слоистыми (*layered*). Для моделирования слоистых композитов в программе доступны такие типы элементов как SHELL99, SHELL91, SHELL181, SHELL281, SOLSH190, SOLID46, SOLID191, а также SOLID185 и SOLID186 с опцией «слоистое тело». В данном случае выбран конечный элемент SHELL181, который подходит как для расчета стальной пластины, так и пластины из композиционного материала.

Композитная пластина представляет собой 4-х слойный пакет, составленный из слоев углепластика (каждый толщиной 0,025 мм) с углами армирования $[45^\circ/0^\circ/90^\circ/-45^\circ]$ (рис. 2).

Для сравнения полей напряжений и прогибов обеих пластин построены одинаковые узлы конечно-элементной сетки. Для обеих пластин использован режим упорядоченной сетки (*Mapped*) с квадратичными элементами (*Quad*). Количество конечных элементов — 760.

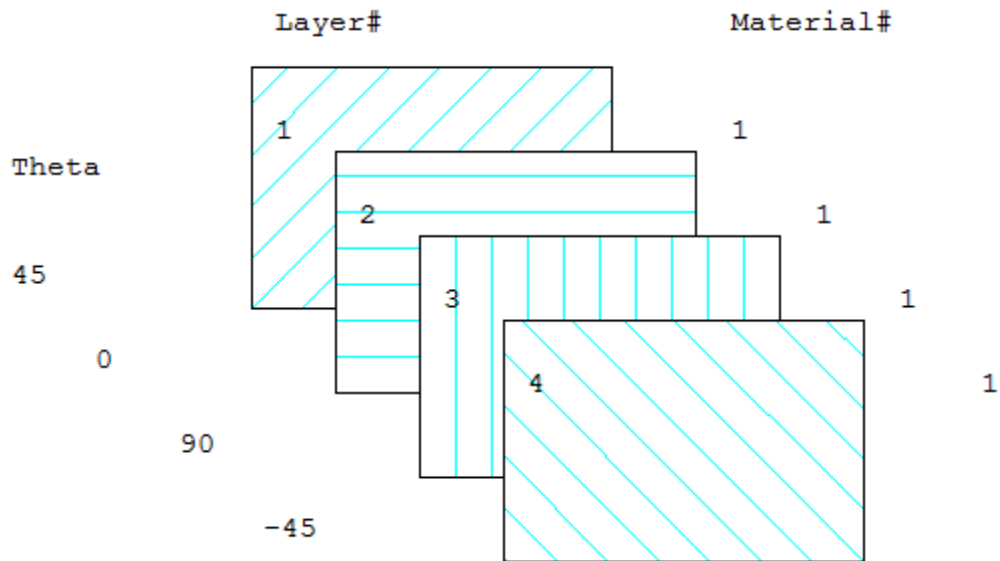


Рис. 2. Отображение свойств слоистой структуры

Конечно-элементные модели пластин показаны на рис. 3.

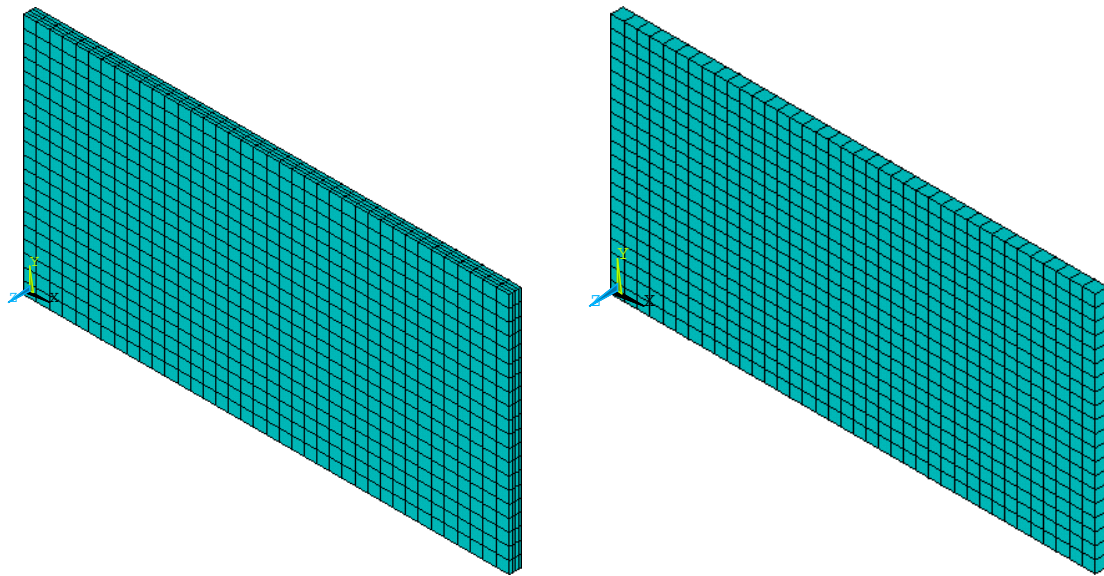


Рис. 3. Конечно-элементные модели композитной и стальной пластин

При оценке прочности слоистой композитной пластины считается, что ее несущая способность исчерпывается при разрушении хотя бы одного из слоев. Максимальные напряжения в стальной пластине (как и в других изотропных телах) в программе ANSYS вычисляются по критерию Мизеса, известному также, как IV теория прочности. В слоистых композитах для этой цели чаще всего применяется критерий Цая-Ву (Tsai-Wu).

Не приводя здесь математических выкладок, которые подробно описаны в специальной литературе, отметим, что критерий Мизеса учитывает девять разрушающих напряжений, а критерий Цая-Ву в дополнение к этим напряжениям учитывает три коэффициента, характеризующие взаимное влияние напряжений на прочность материала.

В програмі ANSYS можливі два методи вичислення критерія Цзя-Бу — "Показатель прочности" (Strength Index) і "Інверсія коефіцієнта запаса прочности" (Inverse Strength Ratio). В даній роботі використаний другий спосіб.

Результати. На рис. 4 приведені епюри прогибів в сталій і композитній пластині, а на рис. 5 — напруження в першому і другому слоях композитної пластини, визначені в відповідності з критерієм Цзя-Бу.

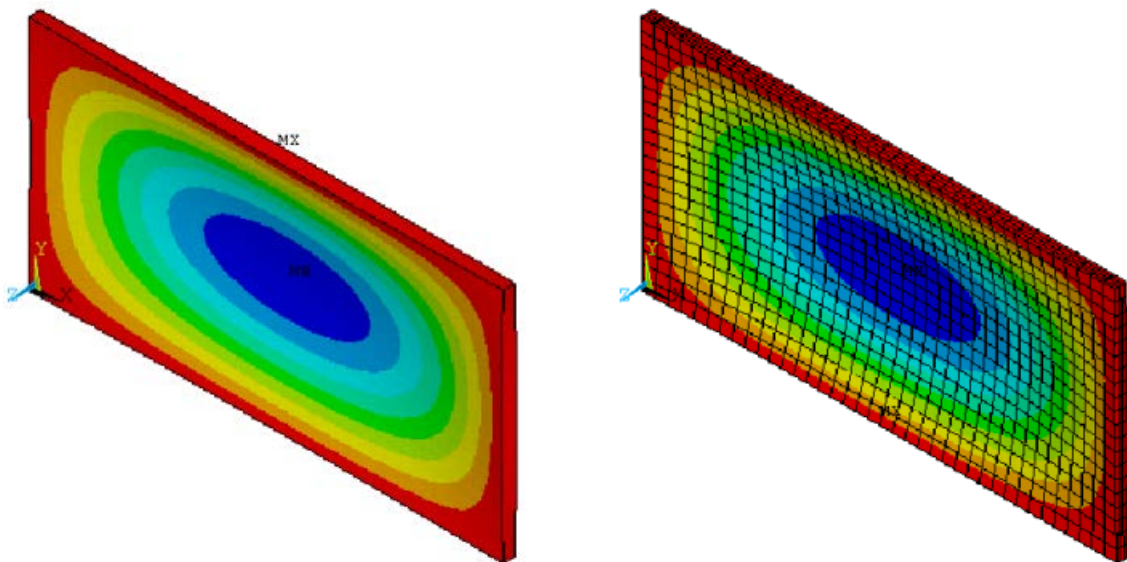


Рис. 4. Епюри прогибів в сталій і композитній пластині

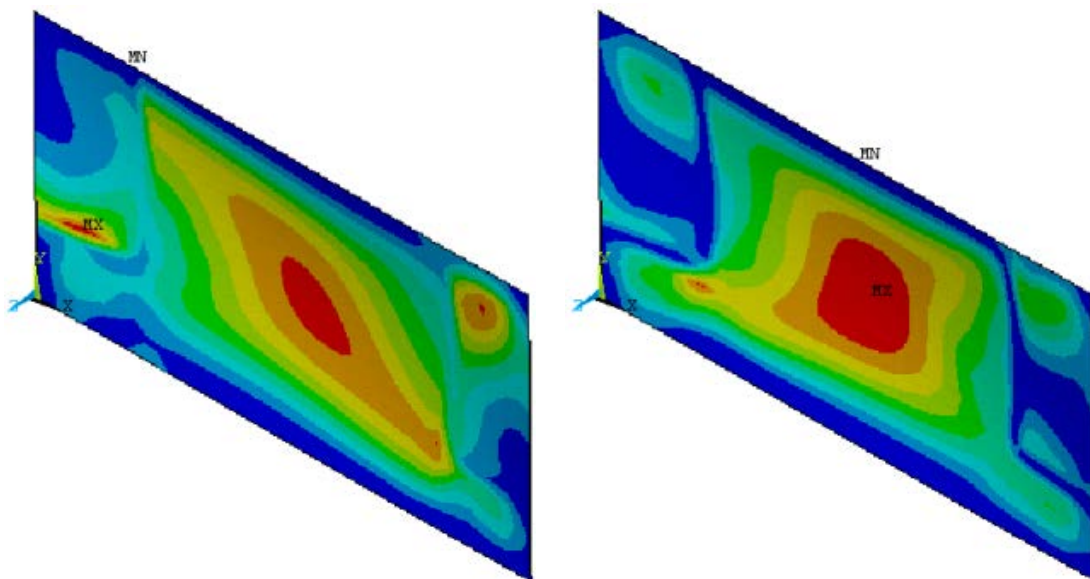


Рис. 5. Напруження в першому і другому слоях композитної пластини

Расчеты позволяют получить напряжения и прогибы в любой точке пластины, однако, в силу симметрии, очевидна целесообразность оценки результатов в нескольких характерных точках (рис. 6).

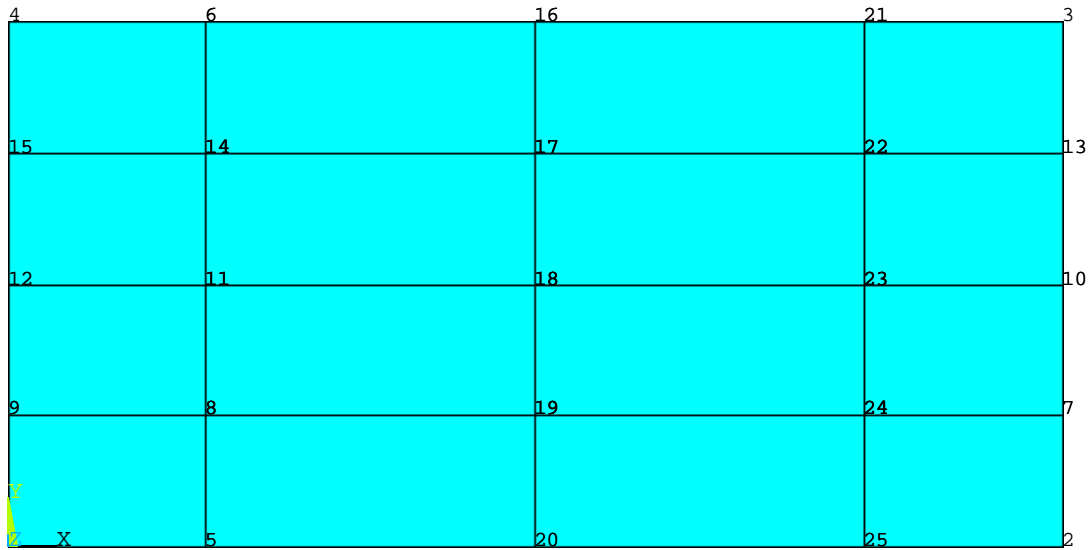


Рис. 6. Характерные точки пластины

Полученные значения напряжений и прогибов сведены в табл. 1.

Таблица 1.

Напряжения и прогибы в стальной и композитной пластинах

Номер точки	Стальная пластина		Композитная пластина		
	Критерий Мизеса	Прогиб	Критерий Цзя-Ву	Критерий Мизеса	Прогиб
8	0,27839e7	-0,82303e-4	0,17701e8	0,67490e7	-0,87398e-3
11	0,28668e7	-0,11461e-3	0,28005e8	0,30196e7	-0,11362e-2
14	0,27839e7	-0,82303e-4	0,23996e8	0,49662e7	-0,81868e-3
17	0,32462e7	-0,12902e-3	0,56865e8	0,43548e7	-0,12645e-2
18	0,42659e7	-0,18057e-3	0,84316e8	0,50997e7	-0,17476e-2
19	0,32462e7	-0,12902e-3	0,69013e8	0,39919e7	-0,12849e-2
22	0,27839e7	-0,82303e-4	0,23242e8	0,47506e7	-0,83697e-3
23	0,28668e7	-0,11461e-3	0,29765e8	0,29314e7	-0,11057e-2
24	0,27839e7	-0,82303e-4	0,54392e8	0,30151e7	-0,79433e-2

Выводы. Анализ полученных результатов показывает, что напряжения и прогибы в композитной пластине значительно выше, чем в стальной.

Отметим также, что напряжения в композитной пластине, определенные по критерию Цзя-Ву, существенно отличаются от напряжений, вычисленных по критерию Мизеса.

Список использованных источников

1. Зенкевич О.С. Метод конечных элементов в технике / О.С. Зенкевич. — М.: Книга по Требованию, 2013. — 540 с.
2. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: Учебник для вузов / В.М. Вержбицкий. — М.: Высш.шк., 2002. — 840 с.

3. Алямовский А.А. CosmosWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks. / А.А. Алямовский. — М.: ДМК Пресс, 2010. — 784с.
4. Дашенко А.Ф. ANSYS в задачах инженерной механики / А.Ф. Дашенко, Д.В. Лазарева, Н.Г. Сурьянинов / Изд. 2-е, перераб. и доп. Под ред. Н. Г. Сурьянинова.— Одесса. — Пальмира, 2011.— 505 с.
5. Сурьянинов Н.Г. Строительная механика плоских и пространственных систем / Н.Г. Сурьянинов. — Одесса: Астропринт, 2012. — 408с.
6. Дашенко А.Ф. Численно-аналитический метод граничных элементов / А.Ф. Дашенко, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов. — Одесса, ВМВ, 2010. — В 2-х томах.— Т.1.— 416 с.— Т.2.— 512 с.
7. Бохоева Л.А., Антохонов В.Б., Зангеев Б.И. Теоретическая оценка максимальных размеров безопасных дефектов типа отслоений / Л.А. Бохоева, В.Б. Антохонов, Б.И. Зангеев. — Материалы Международной научной конференции «Проблемы механики современных машин».—Улан-Удэ, 2000.— С.14-15.
8. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов / В.В. Васильев. — М.: Машиностроение, 1988. — 272 с.
9. Krueger R., O'Brien K. A shell/3D modeling technique for the analysis of deaminated composite laminates// AIAA Journal.2000. — Vol. 37, №6. — P.25-44.

ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК КОМПОЗИТНИХ ПЛАСТИН З ВИКОРИСТАННЯМ ПАКЕТУ ANSYS

КАЛИНИНА Т.А., ЛАЗАРЕВА Д.В., ПОТАПЕНКО А.И.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Одесский национальный политехнический университет

Мета. Моделювання та розрахунок прямокутних пластин із композитного матеріалу та сталі при однаковій геометрії, граничних умов та зовнішньому навантаженні.

Методика. Композитна пластина являє собою чотиришаровий пакет, складений із шарів вуглепластику. При скінченно-елементному моделюванні обох пластин використаний режим упорядкованої сітки із квадратичними елементами.

Наукова новизна. Аналіз отриманих результатів показав, що напруги й прогини в композитній пластині значно вище, чим у сталевій. Відзначено також, що напруження в композитній пластині, визначені за критерієм Цяя-Ву, суттєво відрізняються від напружень, обчислених за критерієм Мізеса, що визначає необхідність використання критерію Цяя-Ву при міцностному аналізі конструкцій із шаруватих композиційних матеріалів.

Практична значимість. Розглянутий порівняльний розрахунок прямокутних пластин з композиційного матеріалу й сталі в програмі ANSYS при однаковій геометрії, граничних умовах і зовнішньому навантаженню. Виконане порівняння результатів за критерієм Мізеса й критерієм Цяя-Ву. Визначені напруження й прогини в характерних крапках обох пластин.

Ключові слова: шар, вуглепластик, композитна пластина, критерій Мізеса, критерій Цяя-Ву, напруження, прогин, ANSYS.

DESIGN AND CALCULATION OF COMPOSITE PLATES USING THE PACKAGE ANSYS

KALININA T., LAZAREVA D., POTAPENKO A.

*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
Odessa national polytechnic university*

Purpose. The modeling and computation of rectangular plates of composite material and steel ANSYS program with the same geometry, boundary conditions and the external load.

Methodology. The composite plate is a four-layer package made up of layers of carbon fiber. If finite element modeling of both plates used mode orderly grid with quadratic elements.

Originality. Analysis of the results showed that the stresses and deflections in the composite sheet is considerably higher than the steel. It was also noted that the stresses in the composite plate as defined by the criterion of Tsai-Wu, differ significantly from the stresses calculated by Mises criterion that determines whether to use the criterion of Tsai-Wu in the strength analysis of structures of layered composite materials.

Practical value. Considered comparative calculation of rectangular plates of composite material and steel ANSYS program with the same geometry, boundary conditions and the external load. The comparison of the results on the criterion of von Mises and Tsai-Wu criterion. Determine the stresses and deflections in the characteristic points of the two plates.

Keywords: *layer, carbon fiber, a composite plate, Mises criterion, the criterion of Tsai-Wu, stress, deflections, ANSYS.*

УДК 624.012.46

ЧУЧМАЙ А.М., БАЛДУК П.Г., СУРЬЯНИНОВ Н.Г.
Одесская государственная академия строительства и
архитектуры

РАСЧЕТ КЕССОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ЧИСЛЕННО- АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель. Разработка математической модели и алгоритма расчета кессонного перекрытия на основе численно-аналитического метода граничных элементов.

Методика. Исходное дифференциальное уравнение и все параметры напряженно-деформированного состояния перекрытия, зависящие от двух переменных, при помощи метода Канторовича-Власова приводятся к уравнению и параметрам, зависящим от одной переменной. Затем, в соответствии с концепцией используемого метода, перекрытие рассматривается как система одномерных модулей.

Научная новизна. Построена гранично-элементная математическая модель железобетонного кессонного перекрытия, на основе которой выполнен расчет реальной конструкции.

Практическая значимость. Используемый подход позволяет получить для рассматриваемого класса конструкций разрешающую систему алгебраических уравнений, которая на два порядка меньше, чем аналогичная система в методе конечных элементов. Реализация алгоритма не требует привлечения дорогостоящих современных программ инженерного анализа.

Ключевые слова: кессонное перекрытие, метод граничных элементов, метод Канторовича-Власова, напряжение, прогиб, SCAD, ANSYS

Введение. Для снижения массы железобетонных перекрытий во многих странах широко применяют перекрытия эффективных конструктивных форм, в частности, монолитные кессонные перекрытия [1].

Изучение напряженно-деформированного состояния конструкций кессонного типа, в том числе и железобетонных кессонных перекрытий, представляет собой сложную и недостаточно исследованную проблему. Ребра и плита испытывают разное напряженное состояние, поэтому при разработке аналитических решений приходится прибегать к различным упрощающим гипотезам. Кроме того, возникают трудности, обусловленные свойствами бетона — трещинообразование, ползучесть и т.п.

Расчет кессонных перекрытий выполняют аналитическими, приближенными и численными методами.

Анализ последних исследований и публикаций. Публикаций, посвященных расчету кессонных перекрытий крайне мало. Основной нормативный документ (СНиП), определяющий общие требования к бетонным и железобетонным конструкциям [2], не содержит рекомендаций о методах расчета кессонных перекрытий. Некоторые указания о расчете подобного рода конструкций можно найти лишь в разнообразных рекомендациях и методиках [3], которым присущи как преимущества, так и недостатки.

Расчет монолитных ребристых перекрытий при традиционном проектировании сводится к раздельному расчету главных и второстепенных балок и монолитной плиты как балочных конструкций без учета их взаимодействия на напряженно-деформируемое

состояние друг друга.

Применение классических методов строительной механики — метода сил [4] и метода перемещений [5] — дает весьма приближенные результаты.

Аналитические методы не позволяют охватить все разнообразные задачи, выдвигаемые практикой. Поэтому при расчете кессонных перекрытий широкое применение нашли численные методы, главным образом, метод конечных разностей [6] и метод конечных элементов [7, 8].

Постановка задачи. В настоящее время наиболее разработанным из численных методов является метод конечных элементов (МКЭ). Однако МКЭ имеет ряд недостатков, которые известны и подробно описаны в литературе. Наиболее серьезной проблемой МКЭ является проблема сходимости полученного решения, оценка погрешности, связанной с дискретизацией исходной геометрической модели.

Поиск альтернативных подходов привёл к появлению нового метода, а точнее, семейства методов граничных элементов (МГЭ), среди которых высокую эффективность показал численно-аналитический вариант метода граничных элементов (ЧА МГЭ) [9, 10].

Метод состоит в разработке фундаментальной системы решений (аналитически) и функций Грина (также аналитически) для каждой рассматриваемой задачи. Для учета определенных граничных условий, или условий контакта между модулями (так называется отдельный элемент системы) составляется небольшая система линейных алгебраических уравнений, которую необходимо решать численно.

Можно выделить целый ряд преимуществ ЧА МГЭ. Дискретизация только границы области занимаемой объектом, резко уменьшает порядок системы разрешающих уравнений; есть возможность снижения мерности решаемой задачи. Кроме того, метод использует фундаментальные решения дифференциальных уравнений, а значит, в рамках принимаемых гипотез позволяет получить точные значения параметров задачи (усилий, перемещений, напряжений, токов, частот собственных колебаний, критических сил потери устойчивости и т.д.) внутри области. Отметим также простоту логики алгоритма, хорошую сходимость решения, высокую устойчивость и малое накопление погрешностей при численных операциях.

Результаты. Рассмотрим кессонное перекрытие, которое жестко соединено с четырьмя опорами. Это соединение имеет место в зоне контакта двух ребер (которые обозначим цифрами I и II) с колоннами (рис. 1). Граничные условия для этих ребер соответствуют жесткому защемлению, а края остальных продольных ребер (условно назовем ребра, параллельные оси ou , продольными) остаются свободными.

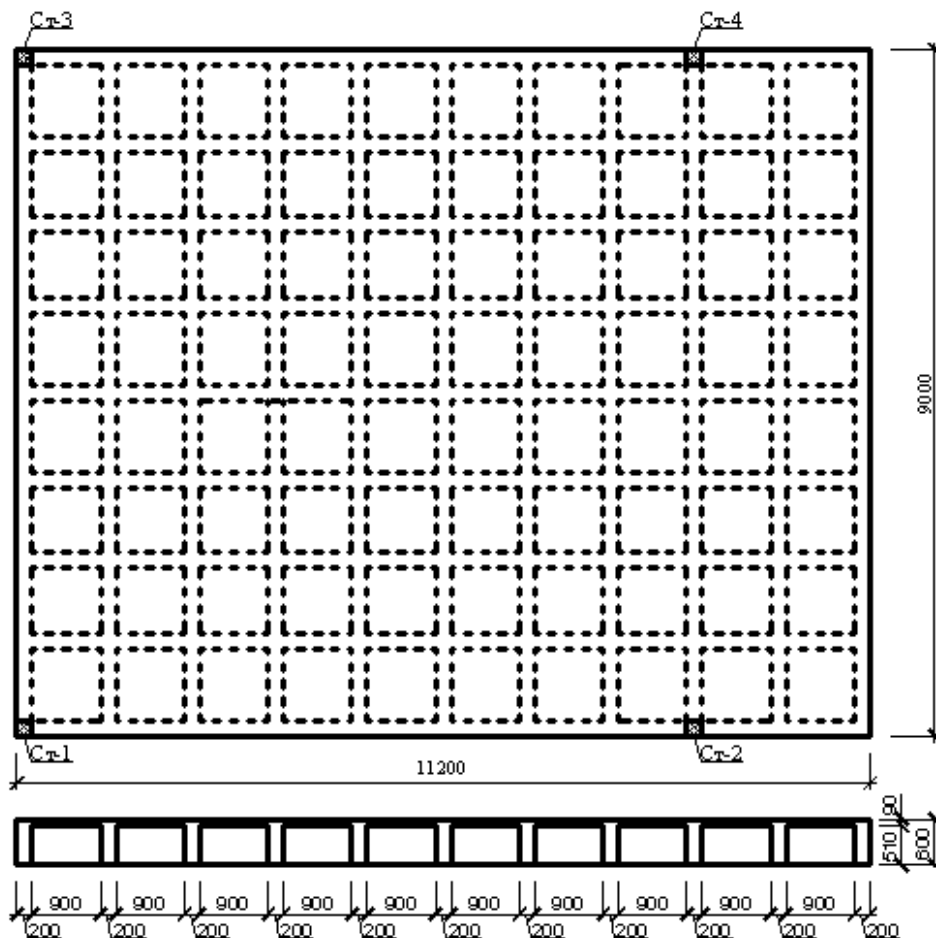


Рис. 1. Кессонное железобетонное перекрытие

Основная идея предлагаемого подхода заключается в следующем. Части конструкции, которые имеют ребра, параллельные оси OX (назовем это направление поперечным), считаются гладкими пластинами толщиной $h_1 = h + h_{ribx}$ и шириной $b = b_{ribx}$, где h — толщина пластины, h_{ribx} , b_{ribx} — размеры поперечных сечений ребер (которые не обязательно должны быть одинаковыми). Для этих модулей (модуль — единица дискретизации в ЧА МГЭ) справедлива теория расчета гладких пластин, изложенная в [9], с соответствующими выражениями фундаментальных функций, функции Грина и вектора нагрузки. На рис. 2 такие модули обозначены четными цифрами. Остальные модули (нечетные цифры на рис. 2) представляют собой пластины, подкрепленные ребрами в продольном направлении. Размеры этих ребер h_{riby} , b_{riby} .

Обозначим приведенные характеристики ребер в двух направлениях:

E_x , G_x , μ_x — соответственно модуль упругости, модуль сдвига и коэффициент Пуассона ребра в направлении оси x ;

E_y , G_y , μ_y — то же, в направлении оси y .

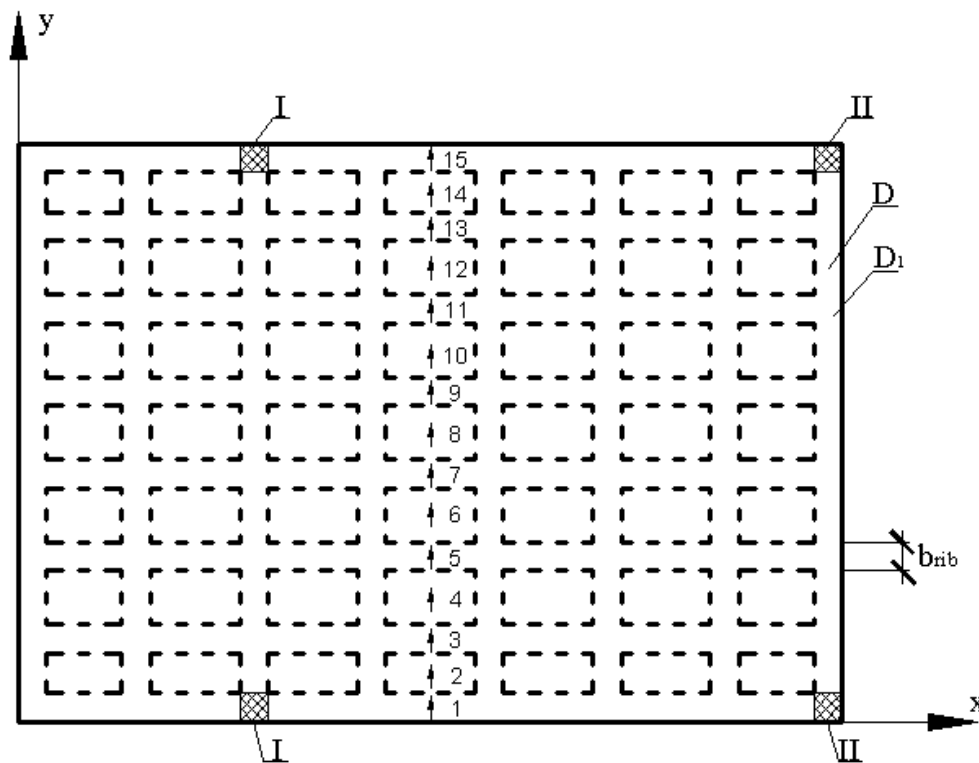


Рис. 2. Дискретизация системы на одномерные модули

Дифференциальное уравнение изгиба кессонного перекрытия в этом случае принимает вид [11]

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \frac{\bar{q}}{D}, \quad (1)$$

где $W = W(x, y)$ — прогиб; $\bar{q} = \bar{q}(x, y)$ — свободный член уравнения, учитывающий не только внешние нагрузки, но и наличие подкрепляющих ребер в продольном направлении.

Применяя для (1) метод Канторовича-Власова, прогиб срединной плоскости пластинки будем искать в виде

$$W(x, y) = W_1(y)X_1(x) + W_2(y)X_2(x) + \dots + W_k(y)X_k(x).$$

Усечем ряд до одного члена и возьмем вариацию прогиба только по направлению y , что равносильно принятию расчетной схемы пластины, имеющей бесконечное число степеней свободы в одном направлении и одну степень свободы в другом направлении. Тогда прогиб точки срединной плоскости пластины будет

$$W(x, y) = W(y)X(x).$$

Функцию поперечного распределения прогибов пластины $X(x)$ нужно выбирать так, чтобы она максимально точно описывала форму изогнутой поверхности пластины в направлении оси x . Этому требованию в полной мере удовлетворяют кривые прогиба балки, имеющей такие же условия опирания, как и пластина, в направлении оси x .

В результате решение основного дифференциального уравнения задачи сводится к определению прогиба $W(x, y)$, где функция $X(x)$ задана, а функция $W(y)$ подлежит определению.

Вид фундаментальных функций зависит от граничных условий на продольных

кромках пластины и параметров ребер жесткости, и автоматически выбирается в программном режиме для соответствующих исходных данных из известных аналитических выражений [9].

Функция Грина также определяется выражением, полученным в [9].

Функции поперечного распределения прогибов $X_1(x)$ для двух рассматриваемых вариантов граничных условий имеют следующий вид [9]:

при жестком защемлении обоих концов ребра

$$X(x) = \sin \frac{\omega x}{l_1} - \text{sh} \frac{\omega x}{l_1} - \alpha_* \left[\cos \frac{\omega x}{l_1} - \text{ch} \frac{\omega x}{l_1} \right]; \quad \alpha_* = \frac{\sin \omega - \text{sh} \omega}{\cos \omega - \text{ch} \omega}; \quad (2)$$

$$\omega_1 = 4,730; \quad \omega_2 = 7,859; \quad \omega_3 = 10,996;$$

при свободных концах ребра

$$X(x) = \sin \frac{\omega x}{l_1} + \text{sh} \frac{\omega x}{l_1} - \alpha_* \left[\cos \frac{\omega x}{l_1} + \text{ch} \frac{\omega x}{l_1} \right]; \quad \alpha_* = \frac{\sin \omega - \text{sh} \omega}{\cos \omega - \text{ch} \omega}; \quad (3)$$

$$\omega_1 = 0; \quad \omega_2 = 4,730; \quad \omega_3 = 7,853.$$

Таким образом, имеем все необходимые зависимости для реализации алгоритма ЧА МГЭ. Сформируем векторы X_* , Y и B . Поскольку область кессонной плиты дискретизируется на пятнадцать подобластей со ступенчатой жесткостью (рис. 2), каждый из этих векторов будет содержать 60 строк. Области с нечетными номерами — это пластины толщиной h , цилиндрическая жесткость которых

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu_y^2)}, \quad (4)$$

а области с четными номерами — пластины (без ребер), но толщиной $h_1 = h + h_{ribx}$ с цилиндрической жесткостью

$$D = \frac{Eh_1^3}{12(1-\mu_1^2)}, \quad (5)$$

где

μ_1 — усредненный коэффициент Пуассона пластины и ребра.

Матрицы ЧА МГЭ принимают вид

$$X_* = \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} \begin{matrix} DW^{0-1}(0) = 0; \\ D\theta^{2-3}(a) \\ D\theta^{0-1}(0) \\ M^{0-1}(0) = 0; \\ Q^{2-3}(a) \\ Q^{0-1}(0) \\ D_1W^{1-2}(0) \\ D_1\theta^{1-2}(0) \end{matrix} ; Y = \begin{matrix} DW^{0-1}(a) = DW^{1-2}(0) \\ D\theta^{0-1}(a) = D\theta^{1-2}(0) \\ M^{0-1}(a) = M^{1-2}(0) \\ Q^{0-1}(a) = Q^{1-2}(0) \\ D_1W^{1-2}(b) = D_1W^{2-3}(0) \\ D_1\theta^{1-2}(b) = D_1\theta^{2-3}(0) \end{matrix} ; B = \begin{matrix} -B_{11}(a) \\ -B_{21}(a) \\ B_{31}(a) \\ B_{41}(a) \\ -b_{11}(b) \\ -b_{21}(b) \end{matrix} \quad (6)$$

7	$M^{1-2}(0)$	$M^{1-2}(b) = M^{2-3}(0)$	$b_{31}(b)$
8	$Q^{1-2}(0)$	$Q^{1-2}(b) = Q^{2-3}(0)$	$b_{41}(b)$
...
57	$DW^{14-15}(0)$	$DW^{14-15}(a) = 0$	$-B_{11}(a)$
58	$D\theta^{14-15}(0)$	$D\theta^{14-15}(a)$	$-B_{21}(a)$
59	$M^{14-15}(0)$	$M^{14-15}(a) = 0$	$B_{31}(a)$
60	$Q^{14-15}(0)$	$Q^{14-15}(a)$	$B_{41}(a)$

Из (6) следует, что в матрице фундаментальных функций (7) необходимо обнулить первый и третий столбцы. Далее параметры из вектора Y переносятся в вектор X_* .

Прогибы областей пластины с нечетными номерами определяются выражением

$$DW(x, y) = W(y) \cdot X(x) = [DW(0) \cdot A_{11}(y) + D\theta(0) \cdot A_{12}(y) - M(0) \cdot A_{13}(y) - Q(0) \cdot A_{14}(y) + B_{11}(y)] \cdot X(x). \quad (8)$$

Соответственно, прогибы областей с четными номерами (пластина с ребром в поперечном направлении)

$$D_1W(x, y) = W_1(y) \cdot X(x) = [D_1W(0) \cdot a_{11}(y) + D_1\theta(0) \cdot a_{12}(y) - M(0) \cdot a_{13}(y) - Q(0) \cdot a_{14}(y) + b_{11}(y)] \cdot X(x). \quad (9)$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	...	57	58	59	60		
1		A_{12}		$-A_1$	$-\frac{D}{D_1}$				...					$D\theta^{2-3}(a)$	$-B_{11}^{0-1}(a)$
2		A_{11}		$-A_1$		$-\frac{D}{D_1}$			...					$D\theta^{0-1}(0)$	$-B_{21}^{0-1}(a)$
3		$-A_3$		A_{12}			-1		...					$Q^{2-3}(a)$	$B_{31}^{0-1}(a)$
4		$-A_3$		A_{11}				-1	...					$Q^{0-1}(0)$	$B_{41}^{0-1}(a)$
5					a_{11}	a_{12}	$-a_1$	$-a_1$	...	$-\frac{D}{D_1}$				$D_1W^{1-2}(0)$	$-b_{11}^{1-2}(b)$
6					a_{21}	a_{22}	$-a_1$	$-a_1$	...		$-\frac{D}{D_1}$			$D_1\theta^{1-2}(0)$	$-b_{21}^{1-2}(b)$
7					$-a_3$	$-a_3$	a_{22}	a_{12}	...				-1	$M^{1-2}(0)$	$b_{31}^{1-2}(b)$
8					$-a_4$	$-a_3$	a_{32}	a_{11}	...					$Q^{1-2}(0)$	$b_{41}^{1-2}(b)$

...
5								...	A_{11}	A_{12}	$-A_1$	$-A_1$	DW^{14-15}	$-B_{11}^{14-15}$			
7								...	A_{21}	A_{22}	$-A_1$	$-A_1$	$D\theta^{14-15}$	$-B_{21}^{14-15}$			
5	-							...	$-A_3$	$-A_3$	A_{22}	A_{12}	M^{14-15}	B_{31}^{14-15}			
8	1							...	$-A_4$	$-A_3$	A_{32}	A_{11}	Q^{14-15}	B_{41}^{14-15}			
9								...									
6		-						...									
0		1						...									

Численная реализация алгоритма выполнена в программе Scilab [12].

В результате расчета вычислены прогибы, углы поворотов, изгибающие моменты и поперечные силы в характерных точках кессонного перекрытия (рис. 3).

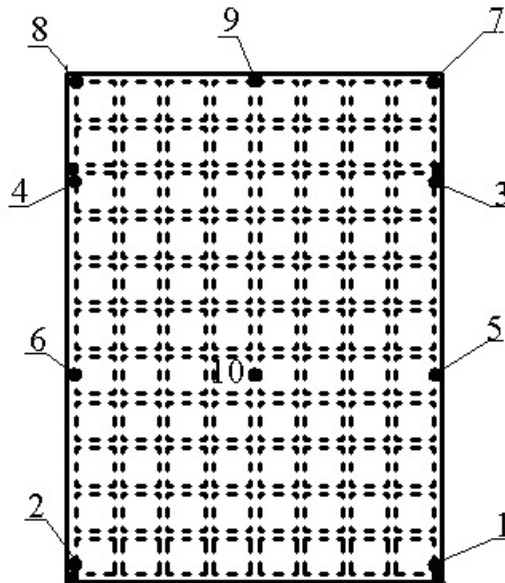


Рис. 3. Характерные точки перекрытия

Величины прогибов и изгибающих моментов даны в табл. 1, где приводятся также значения указанных компонентов напряженно-деформированного состояния, вычисленные методом конечных элементов в программах SCAD и ANSYS.

Таблица 1

Сравнение результатов, полученных разными методами, и погрешность относительно ANSYS

№ точек	Параметр	SCAD	ANSYS	ЧА МГЭ	Расхождение, %	
					SCAD	ЧА МГЭ
1	Прогиб, мм	-0,022	-0,021	-0,020	4,54	4,76
	Момент, кН·м	-59,024	-57,143	-53,222	3,19	6,86
2	Прогиб, мм	-0,021	-0,021	-0,020	0,00	4,76
	Момент, кН·м	-59,024	-57,142	-53,220	3,20	6,86
3	Прогиб, мм	-0,022	-0,022	-0,020	0,00	9,09
	Момент, кН·м	-92,149	-89,117	-86,321	3,29	3,14
4	Прогиб, мм	-0,022	-0,022	-0,020	0,00	9,09

	Момент, кН·м	-92,161	-89,114	-86,320	3,31	3,14
5	Прогиб, мм	-1,862	-1,874	-1,830	0,64	2,35
	Момент, кН·м	16,884	16,803	15,996	0,48	4,80
6	Прогиб, мм	-1,861	-1,875	-1,832	0,75	2,29
	Момент, кН·м	16,878	16,795	16,000	0,49	4,73
7	Прогиб, мм	0,080	0,088	0,092	9,09	4,35
	Момент, кН·м	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
8	Прогиб, мм	0,106	0,096	0,093	9,43	3,12
	Момент, кН·м	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
9	Прогиб, мм	-0,832	-0,845	-0,805	1,54	4,73
	Момент, кН·м	9,190	9,211	9,018	0,23	2,10
10	Прогиб, мм	-3,042	-3,120	-2,911	2,50	6,70
	Момент, кН·м	9,624	9,746	9,377	1,26	3,79

Выводы. Таким образом, применение численно-аналитического метода граничных элементов для расчета кессонных перекрытий позволяет получить результаты с приемлемой для инженерной практики точностью, но при этом не требует использования дорогостоящих специальных программ.

Список использованных источников

1. Сагадеев Р.А. Современные методы возведения монолитных и сборно-монолитных перекрытий: Учебное пособие / Р.А. Сагадеев — М.: ГОУ ДПО ГАСИС, 2008. — 35 с.
2. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. — М.: 2004. — 161 с.
3. Пособие по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций / М.: Стройиздат, 1975. — 192 с.
4. Байков В.Н. Железобетонные конструкции / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. — М.: Стройиздат, 1991. — 767 с.
5. Александров А.В. Дискретная модель для расчета ортотропных пластин и оболочек / А.В. Александров. — Тр. МИИТ. — Вып. 364, 1971. — С. 3-10.
6. Дмитриенко Л.С. Расчет тонких пластин, подкрепленных ребрами жесткости / Л.С. Дмитриенко. — Изв. Киевского университета, вып. 1. — Киев, 1958. — С. 71-79.
7. Масленников А.М. Расчет ребристых перекрытий / А.М. Масленников. — Доклады XXIII научной конференции ЛИСИ. — Теорет. механ., сопр. матер., строит. механ. — Л., 1965. — С. 90-95.
8. Постнов В.А. Численные методы расчета судовых конструкций / В.А. Постнов. — Л.: Судостроение, 1977. — 479 с.
9. Дашенко А.Ф. Численно-аналитический метод граничных элементов / А.Ф. Дашенко, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов — Одесса: ВМВ, 2010. — В 2-х томах. — Т.1. — 416 с. — Т.2. — 512 с.
10. Оробей В.Ф. Основные положения численно-аналитического варианта МГЭ / В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов. — Труды Санкт-Петербургского политехнич. ун-та / Инженерно-строительный журнал. — № 4 (22). — СПб, 2011. — С. 33-39.
11. Огибалов П.М. Оболочки и пластины / П.М. Огибалов, М.А. Колтунов. — М.: Изд-во МГУ, 1969. — 695 с.
12. Алексеев Е. Р. Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Е. А. Рудченко. — М.: ALT Linux; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 269 с.

РОЗРАХУНОК КЕСОННИХ ПЕРЕКРИТТІВ ЧИСЕЛЬНО-АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

ЧУЧМАЙ О.М., БАЛДУК П.Г., СУР'ЯНІНОВ Н.Г.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Мета. Розробка математичної моделі і алгоритму розрахунку кесонного перекриття на основі чисельно-аналітичного методу граничних елементів.

Методика. Початкове диференціальне рівняння і всі параметри напружено-деформованого стану перекриття, залежні від двох змінних, за допомогою методу Канторовича-Власова наводяться до рівняння і параметрів, що залежать від однієї змінної. Потім, відповідно до концепції використовуваного методу, перекриття розглядається як система одновимірних модулів.

Наукова новизна. Побудована гранично-елементна математична модель залізобетонного кесонного перекриття, на основі якої виконано розрахунок реальної конструкції.

Практична значимість. Використовуваний підхід дозволяє отримати для розглянутого класу конструкцій роздільну систему алгебраїчних рівнянь, яка на два порядки менше, ніж аналогічна система в методі скінченних елементів. Реалізація алгоритму не вимагає залучення дорогих сучасних програм інженерного аналізу.

Ключові слова: кесонне перекриття, метод граничних елементів, метод Канторовича-Власова, напруження, прогин, SCAD, ANSYS

CALCULATION OF CAISSON CEILING NUMERICAL-ANALYTICAL BOUNDARY ELEMENT METHOD

CHUCHMAI A.M., BALDUK P.G., SURYANINOV N.G.

Odessa State Academy of Construction and Architecture

Goal. Development of a mathematical model and algorithm for calculating the caisson ceilings on the basis of numerical-analytical boundary element method.

Methods. The original differential equation and all the parameters of the stress-strain state overlap, depending on two variables, using the method of Kantorovich-Vlasov equation and given to the parameters that depend on one variable. Then, in accordance with the concept of the method used, the overlap is considered as a one-dimensional system modules.

Scientific novelty. For the first time built a boundary-element mathematical model reinforced concrete caisson ceiling, which is made on the basis of calculation of the actual design.

Practical significance. The approach allows to obtain for the class of structures the resolution of algebraic equations, which is two orders of magnitude smaller than a similar system in the finite element method. The implementation of the algorithm does not require costly advanced engineering analysis programs.

Keywords: caisson ceiling, boundary element method, method of Kantorovich-Vlasov, stress, deflection, SCAD, ANSYS

УДК 685.34.055.4–52

МАКСИМОВ С.А., СУНКУЕВ Б.С., БЕЛЯЕВ А.А.,
ПЕТУХОВ Ю.В.
Витебский государственный технологический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ПЛАСТИН ПВХ ПО КРИТЕРИЯМ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Цель. Исследование погрешностей, вызванных шероховатостью обработанных поверхностей и их минимизации посредством выбора рациональных режимов обработки.

Методика. Оптимизация режимов обработки пластин ПВХ оснастки по критериям точности и производительности ведется путем максимизации угловой скорости кривошипа механизма иглы, аналитическим методом и составлением программы для ее определения на ЭВМ.

Результат. Разработан метод оптимизации режимов обработки пластин ПВХ технологической оснастки на швейном полуавтомате с ЧПУ по критериям качества и производительности.

Научная новизна. До настоящего времени не имеется работ, в которых бы рассматривались вопросы оптимизации режимов обработки пластин ПВХ технологической оснастки на швейном полуавтомате с ЧПУ по критериям качества и производительности.

Практическая значимость. Предложенный способ оптимизации режимов обработки позволяет повысить качество рабочих поверхностей технологической оснастки к швейным полуавтоматам с ЧПУ, а также повысить производительность изготовления оснастки.

Ключевые слова: Полуавтомат с числовым программным управлением, технологическая оснастка, обработка пластин ПВХ, оптимизация, качество поверхности, производительность.

Введение. При изготовлении технологической оснастки к швейным полуавтоматам с числовым программным управлением (далее ЧПУ) для сборки плоских заготовок верха обуви (далее ЗВО) [1] наиболее трудоемкой и ответственной операцией является обработка поверхностей контуров окон пластин, в которые укладываются детали обуви, подлежащие сборке в изделие.

До настоящего времени пластины изготавливаются из алюминиевых сплавов, а обработка поверхностей производится на фрезерных станках с ЧПУ. При этом стоимость изготовления одного комплекта оснастки достигает 370 долларов США.

Постановка задачи. В настоящей работе рассматривается процесс обработки рабочих поверхностей пластин из пластика ПВХ непосредственно на швейном полуавтомате с ЧПУ посредством пробивки пластика пробойником, закрепленным в игловодителе швейной головки. При этом пластина перемещается по заданной программе с помощью координатного устройства (далее КУ) швейного полуавтомата. Имеется незначительное число работ, посвященных механическому резанию пластмасс [2], работ же, посвященных обработке пластмасс методом пробивки пробойником, вообще нет.

Обоснование методов исследования. Основным требованием, предъявляемым к обработке поверхностей замкнутого контура в технологической оснастке для швейных полуавтоматов, является идентичность поверхности контура контуру деталей, вкладываемых в окно.

На рис. 1 показаны теоретический (идеальный) контур окна и фактический контур, полученный после обработки. Текущая точка K теоретического контура представлена в подвижной системе координат xOy , жестко связанной с пластиной координатами x , y .

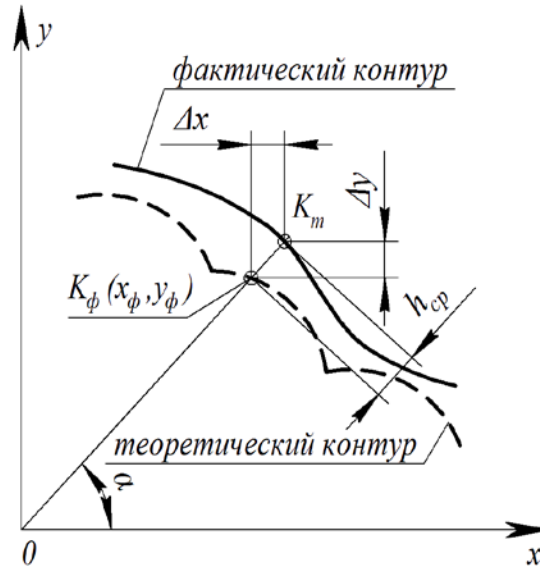


Рис. 1. Теоретический контур окна и фактический контур, полученный после обработки

Фактический контур может отличаться от теоретического вследствие следующих причин:

- погрешностей позиционирования КУ швейного полуавтомата относительно пробойника;
- шероховатости обработанной поверхности окна.

Погрешность позиционирования КУ швейного полуавтомата складывается из погрешности отработки управляющей программы шаговыми электродвигателями, которая не превышает 5% линейной дискретности 0,1 мм и составляет $\pm 0,005$ мм, и ошибок, вызванных зазорами в кинематических парах механизмов координатного устройства.

В настоящей работе поставлена задача исследования погрешностей, вызванных шероховатостью обработанных поверхностей и их минимизации посредством выбора рациональных режимов обработки.

Шероховатость обработанной поверхности будем оценивать средней высотой неровностей профиля поверхности

$$h_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n},$$

где h_i – высота неровностей в i -той точке, а n – число измеряемых точек.

Положение точки K_ϕ фактического контура принимаем отстоящей на величину h_{cp} , измеренной по линии, соединяющей точки O и K .

Координаты точки K_ϕ обозначим x_ϕ , y_ϕ (рис. 1), тогда

$$x_{\phi} = x - \Delta x, \quad (1)$$

$$y_{\phi} = y - \Delta y, \quad (2)$$

где

$$\Delta x = h_{cp} \cdot \sin \alpha, \quad (3)$$

$$\Delta y = h_{cp} \cdot \cos \alpha, \quad (4)$$

$$\alpha = \arctg \frac{x}{y}. \quad (5)$$

При замкнутом контуре α меняется в интервале $[0; 2\pi]$, тогда согласно (3), (4) Δx , Δy изменяются в пределах $[-h_{cp}; h_{cp}]$.

Схема взаимодействия пробойника и пластины из пластика ПВХ представлена на рис. 2. Пластина 2 из листа ПВХ закрепляется в кассете (на рис. 2 не показана), кассета закрепляется в каретке КУ и перемещается в старт-стопном режиме по заданной программе. В процессе перемещения кассета скользит по поверхности игольной пластины 3. Пробойник 1 диаметром d опускается вниз и пробивает отверстие диаметром d в пластине 2. В период пробивки пластина неподвижна. Достигнув крайнего нижнего положения, пробойник 1 перемещается вверх. Перемещение листа ПВХ кареткой КУ, производится в периоды, когда пробойник 1 не контактирует с пластиной 2.

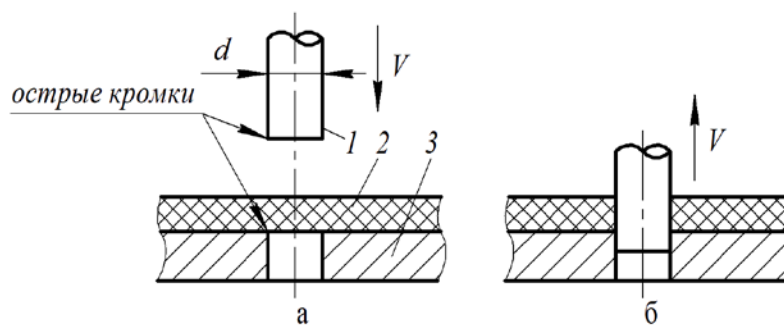


Рис. 2. Схема взаимодействия пробойника и пластины из ПВХ:

1 – пробойник, 2 – пластина ПВХ, 3 – игольная пластина

Предположив, что пробойник пробивает в пластине отверстие диаметром d , то представим элемент обработанной поверхности (рис. 3), образованный дугами двух окружностей диаметром d , центры которых отстоят на расстояние S , с высотой неровностей

$$h = \frac{d}{2} - \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2}. \quad (6)$$

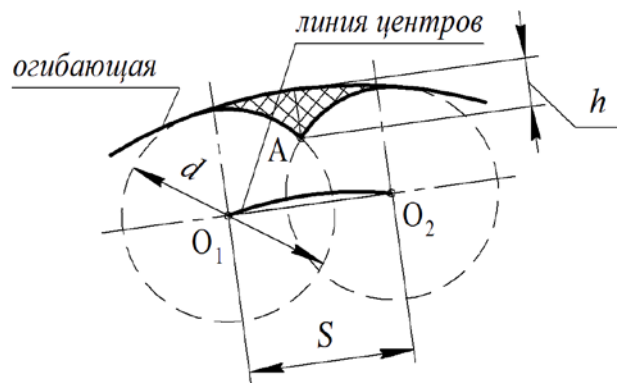


Рис. 3. Элемент обработанной поверхности

Анализ зависимости (6) показывает, что высота неровностей h возрастает с увеличением шага S и существенно уменьшается с увеличением диаметра d . В свою очередь, диаметр d пробойника ограничивается диаметром колбы иглы и диаметром отверстия в игловодителе. Поэтому целесообразно ограничиться $d \leq 2$ мм. На рис. 4 приведен график зависимости h от S при $d = 2$ мм.

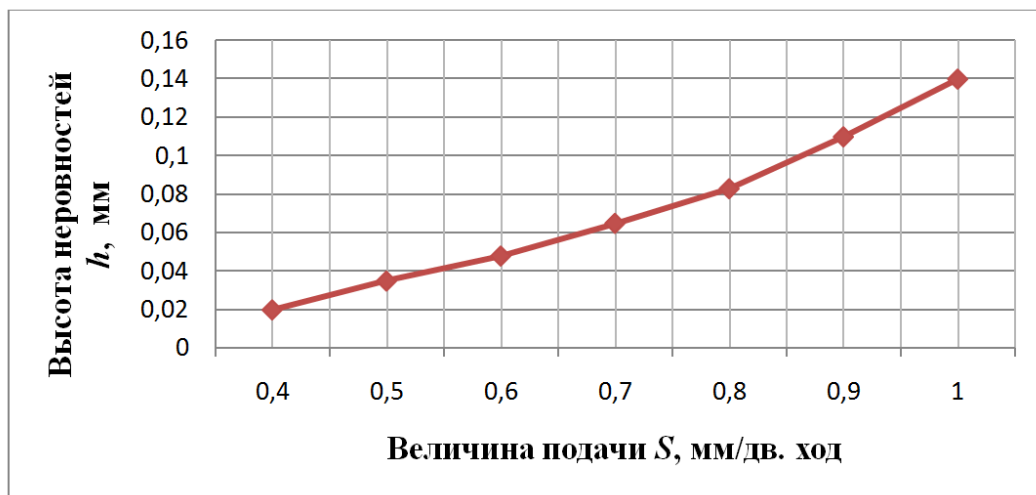


Рис. 4. График зависимости величины неровностей h от подачи S при диаметре пробойника $d = 2$ мм

Результаты исследования. Экспериментальные исследования показали, что высота неровностей h_{cp} зависит от ряда факторов: максимальной скорости V_1 движения пробойника при пробивке листа ПВХ и направления подачи пластины. Скорость пробойника V_1 экспериментально оценивалась по моменту касания инструментом поверхности пластины. В [3] приведены результаты исследования средней высоты неровностей h_{cp} в диапазоне скоростей $V_1 = 0,4 \dots 1,03$ м/с.

В ходе экспериментальных исследований выяснилось, что существенное влияние на величину h_{cp} оказывает направление подачи пластины относительно неподвижной системы координат xOy (рис. 5). Исследование зависимости h_{cp} от V_1 проводились при различных

подачах пластины: вдоль оси x (паз 2), перпендикулярно оси y (паз 1), под углом 45° к оси x (паз 3), по дуге окружности (паз 4).

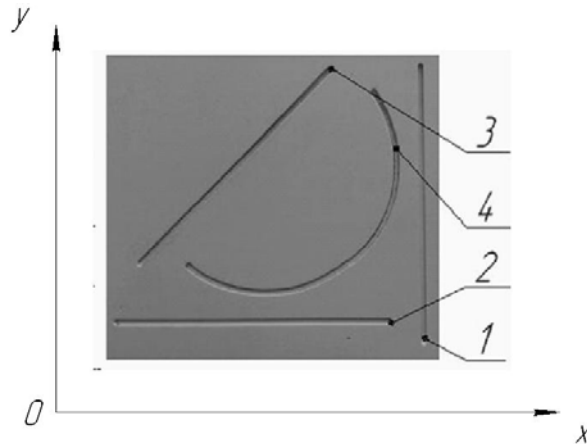


Рис. 5. Обработанные пазы при различных направлениях подачи (экспериментальный образец)

Графики зависимости h_{cp} от V_1 при обработке пазов 1, 2, 3 и 4 (рис. 5) представлены на рис. 6. Исследования проводились при $S = 0,5\text{ мм/дв. ход}$, так как при $S \leq 0,5\text{ мм/дв. ход}$ величина h_{cp} практически не изменяется.

Столь существенное расхождение профиля обработанной поверхности в статике (см. формулу (6) и графически выраженные результаты расчета по ней, отраженные на рис. 4) и в динамике (см. графики на рис. 6) можно объяснить процессами упруго-пластических деформаций материала пластика ПВХ, происходящими при скорости пробойника $V_1 > 0,4\text{ м/с}$.

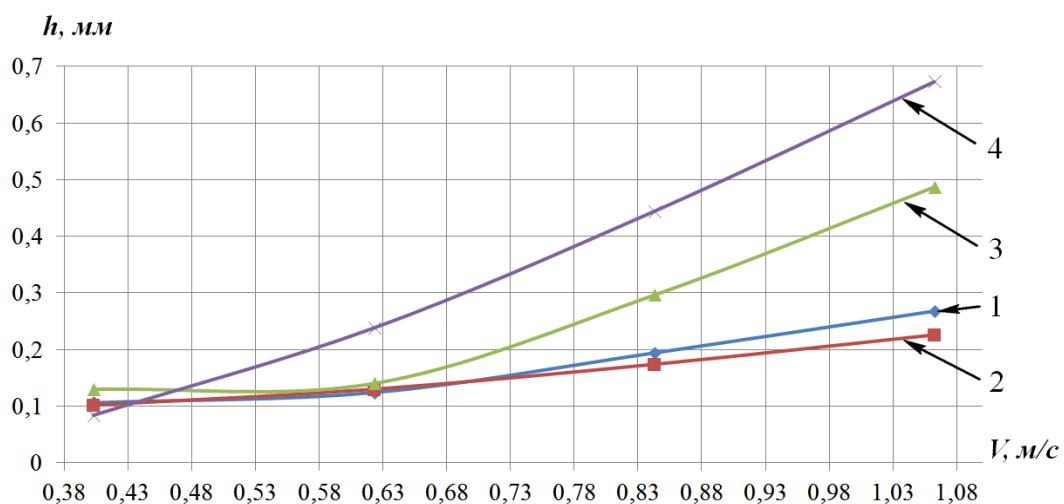


Рис. 6. График зависимости величины неровности h от скорости пробойника при различных направлениях подачи

На основании экспериментальных исследований установлено, что высота неровностей h_{cp} обрабатываемой поверхности есть функция скорости V_1 пробойника и направления вектора S подачи материала на один ход пробойника

$$h_{cp} = F(V_1, \vec{S}).$$

Вид кривых, представленных на рис. 6, показывает, что при $V_1 \leq 0,4$ м/с средняя высота неровностей h_{cp} стабилизируется на уровне $h_{cp} \approx 0,1$ мм. Принимаем указанное значение скорости пробойника в качестве допустимого, а шаг назначаем $S = 0,5$ мм/дв. Полученные режимы позволяют достичь средней высоты неровностей $h_{cp} \leq 0,1$ мм.

Назначив геометрические и кинематические режимы процесса обработки листа ПВХ, поставим задачу максимизации эксплуатационных характеристик процесса, в частности производительности обработки контура $Q, \frac{мм}{с}$.

Производительность Q обработки контура поверхности зависит от частоты ходов пробойника n и шага S подачи материала на один ход пробойника

$$Q = n \cdot S,$$

где частота хода пробойника $n = \frac{\omega}{2\pi}$, а ω , рад/с – угловая скорость вращения кривошипа механизма иглы швейного полуавтомата. Тогда

$$Q = \frac{\omega \cdot S}{2\pi}, \frac{мм}{с}. \quad (7)$$

Задача максимизации Q может быть сведена к задаче максимизации ω при заданной скорости V_1 .

На рис. 7 показана схема кривошипно-ползунного механизма иглы головки швейного полуавтомата, используемого для получения паза в технологической оснастке. Ведомый ползун 1 закреплен винтом на стержне игловодителя 2. В нижней части игловодителя имеется отверстие, в которое вставлен и закреплен винтом 3 пробойник 4. Обрабатываемая пластина 5 в момент пробивки отверстия пробойником 4 расположена на игольной пластине 6.

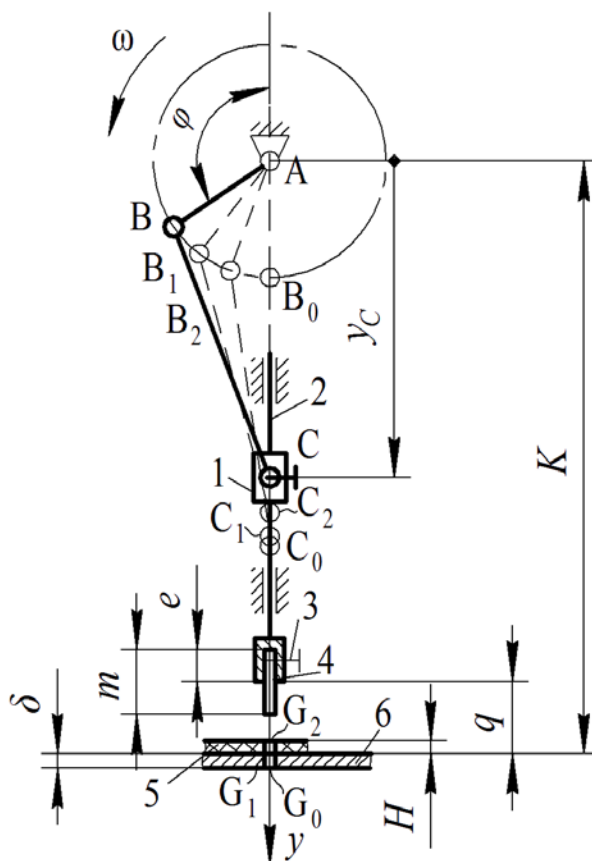


Рис. 7. Графическая схема механизма для расчета средней скорости пробойника

Для определения зависимости между скоростью V_C ползуна и угловой скоростью ω кривошипа AB , введем систему отсчета положений кривошипа AB и ползуна I . Угловую координату φ кривошипа AB будем отсчитывать от вертикальной оси, проведенной через шарнир A . Координату y_C шарнира C будем отсчитывать от шарнира A по вертикальной оси Ay . Аналитически (рис. 7) выразим координату положения ползуна I

$$y_C = -r \cos \varphi + \sqrt{l^2 - (r \sin \varphi)^2}, \quad (8)$$

где $r = AB$; $l = BC$. Дифференцированием y_C по φ определим аналог скорости ползуна V_φ

$$\frac{dy_C}{d\varphi} = V_\varphi = r \sin \varphi - \frac{r^2 \sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{l^2 - (r \sin \varphi)^2}}. \quad (9)$$

Скорость V_C ползуна определяется из равенства

$$V_C = V_\varphi \cdot \omega, \quad (10)$$

где ω – угловая скорость кривошипа AB . Из выражения (10) следует, что при известной скорости V_C угловая скорость ω определится из равенства

$$\omega = \frac{V_C}{V_\varphi}.$$

Таким образом, для увеличения ω , а, следовательно, и производительности Q процесса обработки листа ПВХ следует работать в зоне наименьших значений V_φ .

На рис. 8 приведен график зависимости аналога скорости игловодителя V_φ от угла поворота φ кривошипа, для швейной машины 31 конструктивно-унифицированного ряда ОАО «Легмаш» при $r = 17,5\text{мм}$, $l = 65\text{мм}$. Из графика следует, что $V_\varphi = 0$ при $\varphi = 180^\circ$.

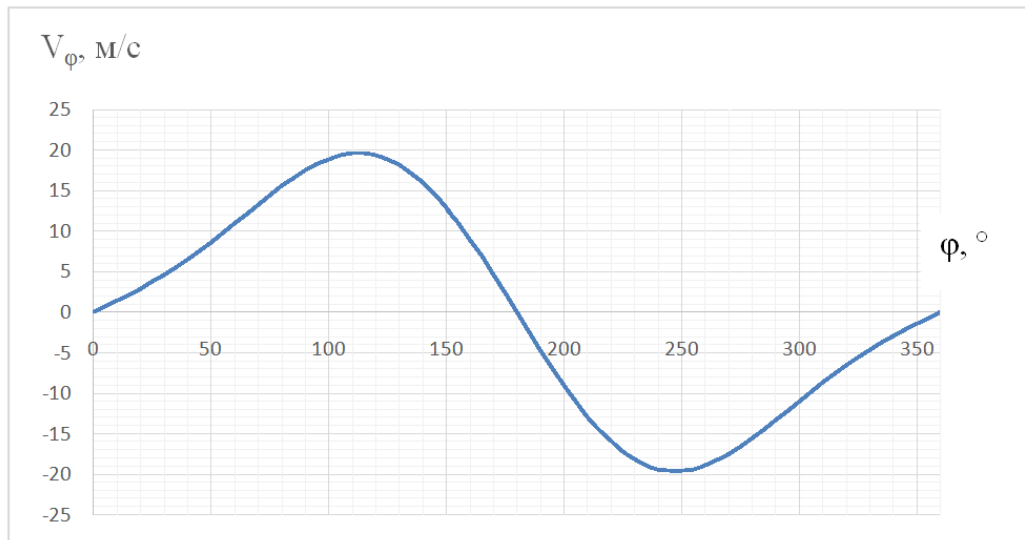


Рис. 8. График зависимости аналога скорости игловодителя V_φ от угла поворота φ кривошипа для швейной машины 31 КУР ОАО «Легмаш»

В связи с этим можно предложить следующий способ определения длины пробойника m (рис. 7), обеспечивающий пробивку отверстия при наименьших значениях V_φ .

Установим крайнюю нижнюю точку G (рис. 7) пробойника 4 в положение G_0 , отстоящее на расстояние δ от нижней поверхности пластины ПВХ 5. Считая полученное положение G_0 «мертвым», то есть соответствующим $\varphi = 180^\circ$, определим длину пробойника m из равенства (рис. 7)

$$m = q + e + \delta,$$

где q – расстояние между нижней кромкой игловодителя 2, находящегося в крайнем нижнем положении, и поверхностью игольной пластины 6, e – длина отверстия в игловодителе 2 для установки пробойника 4.

Например, в швейной машине 31 конструктивно-унифицированного ряда тяжелого типа ОАО «Легмаш» $e = 9,3\text{мм}$, $q = 12\text{мм}$, при $\delta = 1\text{мм}$ получим $m = 22,3\text{ мм}$.

Скорости пробойника V_1 и V_2 , соответствующие началу и концу пробивки отверстия в листе ПВХ, определим следующим образом. Зададимся координатами y точек C_0 , C_1 , C_2 ползуна, соответствующим крайнему нижнему его положению, началу и окончанию пробивки отверстия в пластине ПВХ

$$y_{C_0} = l + r; y_{C_1} = y_{C_0} - \delta; y_{C_2} = y_{C_1} - H. \quad (11)$$

Затем из равенства

$$\varphi = 180^\circ - \arccos \frac{y_C^2 + r^2 - l^2}{2y_C \cdot r} \quad (12)$$

определим соответствующие y_{C1} , y_{C2} значения углов φ_1 , φ_2 поворотов кривошипа AB . Для последних из равенства

$$V = \left(r \sin \varphi - \frac{r^2 \sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{l^2 - (r \sin \varphi)^2}} \right) \cdot \omega, \quad (13)$$

полученного из выражений (9), (10), определим соответствующие углам φ_1 , φ_2 значения V_1 и V_2 скорости пробойника. Так как $V_1 > V_2$, то целесообразно выбрать $V_1 = V_{дон}$, а затем определить соответствующее значение ω . Блок-схема определения угловой скорости ω представлена на рис. 9.

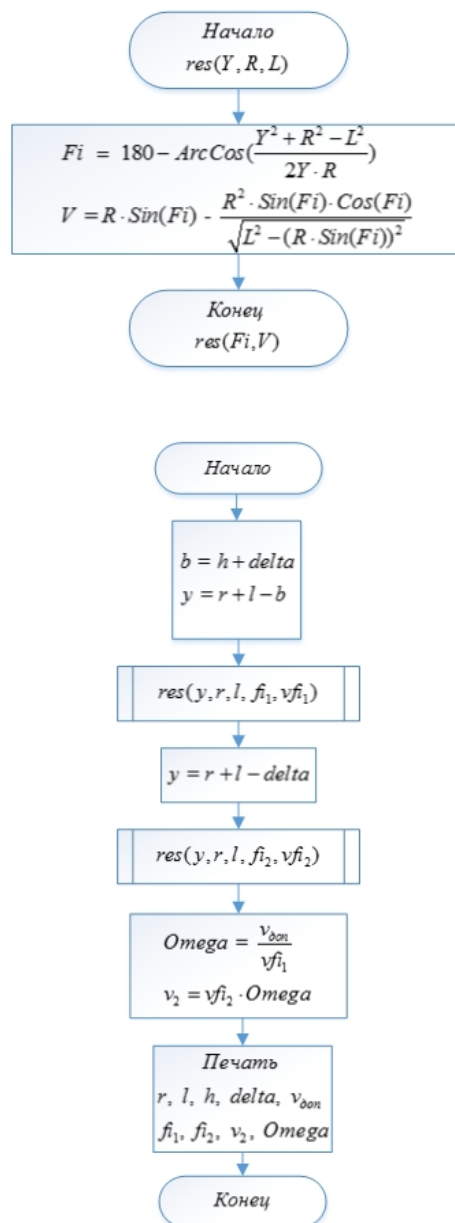


Рис. 9. Блок-схема программы определения угловой скорости ω

В соответствии с разработанной блок-схемой составлена программа и проведен расчет угловой скорости ω для швейного полуавтомата ПШ-1 (конструкции кафедры машин и

аппаратов легкой промышленности УО «ВГТУ») при различных значениях H и δ . Результаты выполненного расчета представлены в таблице 1.

Таблиця 1

Результаты расчета угловой скорости ω для швейного полуавтомата ПШ-1

№	r , мм	l , мм	H , мм	δ , мм	$V_{доп}$, м/с	φ_1 , °	φ_2 , °	V_2 , м/с	ω , рад/с	n , об/мин
1	17,5	65	1	1	0,4	155,39	162,70	0,2882	44,0	420
2	17,5	65	2	1	0,4	149,66	162,70	0,2399	36,7	350,5
3	17,5	65	2	2	0,4	144,74	155,39	0,2942	32,4	309,4

Полученные результаты представляют собой экспериментально обоснованные режимы обработки технологической оснастки из листа ПВХ, включая геометрико-кинематические параметры процесса, так и эксплуатационные характеристики, что позволяет их рекомендовать для применения в производственных условиях для изготовления технологической оснастки, предназначенной для автоматизированной сборки многослойных пакетов деталей и изделий легкой промышленности (обуви, кожгалантерейных изделий и прочих).

Список использованных источников

1. Бувич А. Э. Автоматизированное проектирование и изготовление оснастки и разработка управляющих программ к швейному полуавтомату с микропроцессорным управлением / А. Э. Бувич, Б. С. Сункуев // Вестник ВГТУ. 2001. – №3. – с. 43-47.
2. Штучный Б. П. Обработка пластмасс резанием. Справочное пособие / Б. П. Штучный. – Москва : Машиностроение, 1974. – 144 с.
3. Максимов С. А. Исследование точности обработки поверхностей контуров в пластинах технологической оснастки / С. А. Максимов, Б. С. Сункуев // Материалы докладов 47 международной научно-технической конференции преподавателей и студентов / С. А. Максимов, Б. С. Сункуев // УО «ВГТУ». – Витебск, 2014. – с. 485-487.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ ПЛАСТИН ПВХ ПО КРИТЕРІЯМ ТОЧНОСТІ І ПРОДУКТИВНОСТІ

МАКСИМОВ С. А., СУНКУЕВ Б. С., БЄЛЯЄВ А. А., ПЄТУХОВ Ю. В.

Вітебський державний технологічний університет

Мета. Дослідження погрешностей, викликаних шорсткістю оброблених поверхонь і їх мінімізації за допомогою вибору раціональних режимів обробки.

Методика. Оптимізація режимів обробки пластин ПВХ оснащення за критеріями точності і продуктивності ведеться шляхом максимізації кутової швидкості кривошипа механізму голки, аналітичним методом і складанням програми для її визначення на ЕОМ.

Результати. Розроблений метод оптимізації режимів обробки пластин ПВХ технологічного оснащення на швейному напівавтоматі з ЧПУ за критеріями якості і продуктивності.

Наукова новизна. До теперішнього часу немає робіт, в яких би розглядалися питання оптимізації режимів обробки пластин ПВХ технологічного оснащення на швейному напівавтоматі з ЧПУ за критеріями якості і продуктивності.

Практична значимість. Запропонований спосіб оптимізації режимів обробки дозволяє підвищити якість робочих поверхонь технологічного оснащення для швейних напівавтоматів з ЧПУ, а також підвищити продуктивність виготовлення оснащення.

Ключові слова: *напівавтомат з числовим програмним управлінням, технологічне оснащення, обробка пластин ПВХ, оптимізація, якість поверхні, продуктивність.*

OPTIMIZATION OF MODES OF TREATMENT OF PLATES OF PVKH ON CRITERIA OF EXACTNESS AND PRODUCTIVITY

МАКСИМОВ С. А., СУНКУЄВ В. С., БЕЛІАЄВ А. А., ПЕТУКHOV YU.V.

Vitebsk State Technological University

Purpose. Research of errors, treated surfaces and their minimization caused a roughness by means of choice of the rational modes of treatment.

Method. Optimization of the modes of treatment of plates of PVKH of rigging on the criteria of exactness and productivity is conducted by maximization of angulator of crank of mechanism of needle, by an analytical method and drafting of the program for its determination on COMPUTER.

Result. The method of optimization of the modes of treatment of plates of PVKH of the technological rigging is developed on a sewing semi-automatic device with CHPU on the criteria of quality and productivity.

Scientific novelty. To the present tense not present works in which the questions of optimization of the modes of treatment of plates of PVKH of the technological rigging were examined on a sewing semi-automatic device with CHPU on the criteria of quality and productivity.

Practical meaningfulness. The offered method of optimization of the modes of treatment allows to promote quality of workings surfaces of the technological rigging to the sewing semi-automatic devices with CHPU, and also to promote the productivity of making of rigging.

Keywords: *Semi-automatic device with numerical control, technological rigging, treatment of plates of PVKH, optimization, quality of surface, productivity.*

УДК 69.04(075.8)

КРУТИЙ Ю.С., СУРЬЯНИНОВ Н.Г.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ
УСТОЙЧИВОСТИ СТЕРЖНЯ С ПРОИЗВОЛЬНОЙ
НЕПРЕРЫВНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ ПРИ
ИДЕАЛЬНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ**

Цель. Построение аналитического решения задачи об устойчивости стержня с произвольной непрерывной переменной жесткостью.

Методика. Применение метода прямого интегрирования с последующим выводом квадратурных формул для численной реализации найденных точных решений. Решение методом сравнения характеристических уравнений, соответствующих разным граничным условиям.

Результаты. Разработан новый аналитический метод исследования задач устойчивости.

Научная новизна. Получено аналитическое представление для продольной силы, содержащее безразмерный параметр K , названный нами коэффициентом устойчивости, вследствие чего задача отыскания критической силы для стержня с непрерывной жесткостью сводится к отысканию указанного коэффициента устойчивости путем последовательного вычисления вещественных корней характеристических многочленов.

Практическая значимость. Получено аналитическое решение уравнения продольного изгиба стержня с переменной поперечной жесткостью, сжатого постоянной осевой продольной силой. В аналитическом виде выписаны формулы для перемещений и внутренних усилий в произвольном сечении стержня. Эти формулы выражены через начальные параметры и пригодны для исследования устойчивости стержня при любых возможных граничных условиях. Математическая задача определения корней характеристических многочленов для отыскания коэффициентов устойчивости и определения критических сил хорошо изучена и не вызывает принципиальных затруднений. Для этого существует множество численных методов.

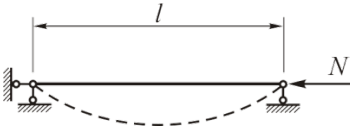
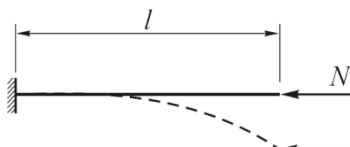
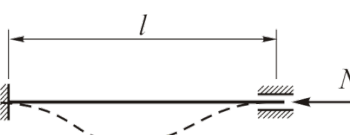
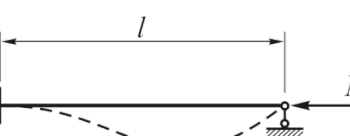
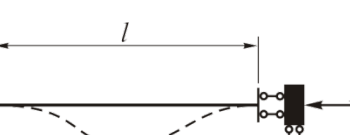
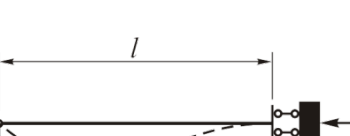
Ключевые слова: устойчивость, сжатый стержень, переменная жесткость, метод прямого интегрирования, коэффициент устойчивости, критическая сила

Введение. Эта статья является логическим продолжением материалов, опубликованных авторами в предыдущем номере журнала "Вісник Київського національного університету технологій та дизайну" [1], поэтому, на наш взгляд, не имеет смысла вновь говорить о важности поставленной проблемы, это достаточно подробно отражено в [1]. В процессе изложения материала мы будем опираться на формулы, теоремы и выводы, представленные в предыдущей статье. Не имея возможности приводить все формулы заново, условимся обозначать формулы из статьи [1] в виде (П.№), где № — порядковый номер формулы в нашей предыдущей работе.

Постановка задачи. *Характеристические уравнения и смежные искривленные формы равновесия стержня для идеальных граничных условий.* Рассмотрим шесть возможных случаев идеальных граничных условий [2, 3]. Соответствующие схемы и граничные условия представлены в табл. 1.

Таблиця 1

Шість випадків ідеальних граничних умов

Случай	Способ закрепления концов стержня		Схема	Граничные условия
	$x = 0$	$x = l$		
1	Шарнирно оперт	Шарнирно оперт		$y(0) = 0; M(0) = 0;$ $y(l) = 0; M(l) = 0.$
2	Заделан	Свободен		$y(0) = 0; \varphi(0) = 0;$ $M(l) = 0; Q(l) = 0.$
3	Заделан	Заделан		$y(0) = 0; \varphi(0) = 0;$ $y(l) = 0; \varphi(l) = 0.$
4	Заделан	Шарнирно оперт		$y(0) = 0; \varphi(0) = 0;$ $y(l) = 0; M(l) = 0.$
5	Заделан	Подвижная заделка		$y(0) = 0; \varphi(0) = 0;$ $\varphi(l) = 0; Q(l) = 0.$
6	Шарнирно оперт	Подвижная заделка		$y(0) = 0; M(0) = 0;$ $\varphi(l) = 0; Q(l) = 0.$

Для характеристических уравнений, соответствующих разным граничным условиям, примем единую форму записи

$$\gamma_0 - \gamma_1 K + \gamma_2 K^2 - \gamma_3 K^3 + \dots = 0, \quad (1)$$

где $\gamma_i (i = 0, 1, 2, \dots)$ – безразмерные строго положительные коэффициенты. Способ вычисления этих коэффициентов будет зависеть от граничных условий. Важно заметить, что левая часть характеристического уравнения (1) всегда будет представлять собой знакопеременный абсолютно сходящийся ряд.

Обозначим через K_1, K_2, K_3, \dots корни уравнения (1). Очевидно, если коэффициенты

уравнения (1) безразмерные, то и его корни будут безразмерными. После того как эти корни найдены и записаны в порядке возрастания, на основании (П.48) будем иметь значения продольной силы, при которых возможны смежные искривленные формы равновесия стержня

$$N_j = K_j \frac{E_0 I_0}{l^2} (j=1, 2, 3, \dots) . \quad (2)$$

Для искривленных форм равновесия также примем единое представление

$$y_j(x) = C_j Y_j \left(\frac{x}{l} \right) (j=1, 2, 3, \dots) , \quad (3)$$

где C_j – постоянный множитель, который задает масштаб и размерность;

$Y_j \left(\frac{x}{l} \right)$ – безразмерная функция переменной $\frac{x}{l}$, которая определяет закон искривленной формы равновесия.

Предварительно заметим, что числа $\alpha_{n,i}(l), \tilde{\alpha}_{n,i}(l)$ ($i=0, 1, 2, \dots$), которые будут фигурировать ниже, являются безразмерными величинами, поскольку вычисляются как значения безразмерных функций в точке $x=l$. Кроме того, на основании леммы [1] и следствия из нее, $\alpha_{n,i}(l) > 0, \tilde{\alpha}_{n,i}(l) > 0$ ($i=1, 2, 3, \dots$).

Учитывая, что функции $X_n(x), \tilde{X}_n(x)$ ($n=1, 2$) помимо переменной x , зависят еще от параметра K , ниже в ситуациях, когда это важно подчеркнуть, будем писать $X_n(x, K), \tilde{X}_n(x, K)$ ($n=1, 2$).

Результаты исследования. Случай 1. Оба конца стержня шарнирно оперты: $y(0)=0; M(0)=0; y(l)=0; M(l)=0$. Будем исходить здесь из уравнения (П.4), т. е. используем формулу (П.46). Известно [4], что в данном случае для изгибающего момента справедливо равенство $M(x) = -E_0 I_0 A(x) y''(x) = N y(x)$. Отсюда легко заключаем, что из равенства нулю перемещений на концах стержня вытекает равенство нулю изгибающих моментов на этих концах и наоборот. Поэтому для удовлетворения всех заданных граничных условий достаточно потребовать равенства нулю на концах стержня, либо для перемещений, либо для изгибающих моментов.

Пусть $y(0)=0, y(l)=0$. Тогда с учетом первого условия формула (П.46) примет вид $y(x) = l\varphi(0)X_2(x)$. Второе условие дает равенство $l\varphi(0)X_2(l) = 0$. Если $\varphi(0) = 0$, то перемещения будут тождественно равны нулю. Такое решение, очевидно, соответствует первоначальному равновесному состоянию стержня, которое нас не интересует. Следовательно, приходим к характеристическому уравнению $X_2(l, K) = 0$, или

$$1 - \alpha_{2,1}(l)K + \alpha_{2,2}(l)K^2 - \alpha_{2,3}(l)K^3 + \dots = 0 .$$

Это уравнение имеет вид (1), причем $\gamma_i = \alpha_{2,i}(l) > 0$ ($i=0, 1, 2, \dots$).

Поскольку $y(x) = l\varphi(0)X_2(x, K)$, то искривленные формы равновесия стержня, соответствующие спектру критических сил N_j , даются формулой

$$y_j(x) = \varphi_j(0)l X_2(x, K_j) (j=1, 2, 3, \dots) .$$

Эта формула согласуется с принятым представлением (3), причем, в данном случае

$$C_j = \varphi_j(0)l, Y_j \left(\frac{x}{l} \right) = X_2(x, K_j) = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i K_j^i \alpha_{2,i}(x) .$$

Следует заметить, что такие же результаты можно получить, если исходить из уравнения (П.3), то есть вместо формулы (П.46) использовать формулы (П.43), (П.45). Действительно, на основании этих формул, реализуя заданные граничные условия, будем иметь систему:

$$\begin{cases} X_2(l)\varphi(0) - \frac{1-X_2(l)}{N}Q(0) = 0; \\ NX_2(l)\varphi(0) + X_2(l)Q(0) = 0. \end{cases}$$

Приравнявая к нулю определитель системы, получаем частотное уравнение $X_2(l, K) = 0$. Если это уравнение выполнено, то из первого уравнения системы вытекает, что $Q(0) = 0$. Тогда из равенства (П.43) получаем такую же формулу для перемещений, что была получена из формулы (П.46). В теории устойчивости рассмотренный случай граничных условий принято называть основным [4].

Выкладки, относящиеся к остальным случаям, опускаем. Итоговые формулы для всех шести случаев идеальных граничных условий представлены в разных форматах в табл. 2.

Строгое доказательство этой формулы оставляем за рамками изложения. Укажем только на один из возможных вариантов такого доказательства. Дифференцируя дважды обе части формулы (6), приходим к тождеству. Это будет означать, что левая часть формулы равна правой с точностью до произвольного многочлена первой степени. Однако, учитывая тот факт, что обе эти части вместе со своими первыми производными обращаются в ноль, когда $x = 0$, заключаем, что указанный многочлен есть тождественный ноль.

Вначале непосредственным двукратным интегрированием получаем

$$\alpha_{1,1}(x) = \frac{1}{l^2} \int_0^x \int_0^x \frac{1}{u^4} \alpha_{1,0}(x) dx dx = \frac{1}{3(1-\alpha)l} \left(\frac{l}{2(1-\alpha)} \left(\frac{1}{u^2} - 1 \right) - x \right) = u \left(\frac{1}{2!} \left(\frac{x}{lu} \right)^2 + \frac{1-\alpha}{3!} \left(\frac{x}{lu} \right)^3 \right).$$

Далее, пользуясь формулой (6), последовательно находим

$$\alpha_{1,i}(x) = \frac{1}{l^2} \int_0^x \int_0^x \frac{1}{u^4} \alpha_{1,i-1}(x) dx dx = u \left(\frac{1}{(2i)!} \left(\frac{x}{lu} \right)^{2i} + \frac{1-\alpha}{(2i+1)!} \left(\frac{x}{lu} \right)^{2i+1} \right) \quad (i = 2, 3, 4, \dots);$$

$$\alpha_{2,i}(x) = \frac{1}{l^2} \int_0^x \int_0^x \frac{1}{u^4} \alpha_{2,i-1}(x) dx dx = \frac{1}{(2i+1)!} u \left(\frac{x}{lu} \right)^{2i+1} \quad (i = 1, 2, 3, \dots).$$

Согласно формуле (П.38) теперь будем иметь:

$$X_1(x) = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i K^i \alpha_{1,i}(x) = u \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i K^i \left(\frac{1}{(2i)!} \left(\frac{x}{lu} \right)^{2i} + \frac{1-\alpha}{(2i+1)!} \left(\frac{x}{lu} \right)^{2i+1} \right) = u \left(\cos \sqrt{K} \frac{x}{lu} + \frac{1-\alpha}{\sqrt{K}} \sin \sqrt{K} \frac{x}{lu} \right);$$

$$X_2(x) = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i K^i \alpha_{2,i}(x) = u \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i}{(2i+1)!} K^i \left(\frac{x}{lu} \right)^{2i+1} = \frac{u}{\sqrt{K}} \sin \sqrt{K} \frac{x}{lu}.$$

Следовательно, в данном примере имеет место ситуация, когда фундаментальные решения предстают в виде элементарных функций.

По известным функциям $X_1(x), X_2(x)$ на основании (П.42) находим

$$\tilde{X}_1(x) = (1-\alpha)^2 \frac{x}{lu} \cos \sqrt{K} \frac{x}{lu} - \left(\frac{(1-\alpha)^2}{\sqrt{K}} + \frac{\sqrt{K}}{u} \right) \sin \sqrt{K} \frac{x}{lu};$$

$$\tilde{X}_2(x) = \frac{1}{u} \cos \sqrt{K} \frac{x}{lu} - \frac{1-\alpha}{\sqrt{K}} \sin \sqrt{K} \frac{x}{lu}.$$

Таблиця 2

Характеристические уравнения и законы искривленных форм равновесия стержня

Случай	В формате фундаментальных функций (j = 1, 2, 3, ...)	
	1	$X_2(l, K) = 0$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = X_2(x, K_j)$
2	$X_1(l, K) = 0$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{1}{K_j} (1 - X_1(x, K_j))$
3	$2 - X_1(l, K) + \tilde{X}_1(l, K) - \tilde{X}_2(l, K) = 0$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{1}{K_j} \left(1 - X_1(x, K_j) - \eta_j \left(\frac{x}{l} - X_2(x, K_j) \right) \right)$
4	$X_2(l, K) - X_1(l, K) = 0$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{1}{K_j} \left(1 - X_1(x, K_j) - \frac{x}{l} + X_2(x, K_j) \right)$
5	$\tilde{X}_1(l, K) = 0$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{1}{K_j} (1 - X_1(x, K_j))$
6	$\tilde{X}_2(l, K) = 0$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = X_2(x, K_j)$
Случай	В формате образующих функций	
	$\gamma_i (i = 0, 1, 2, \dots)$	$(j = 1, 2, 3, \dots)$
1	$\gamma_i = \alpha_{2,i}(l)$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i K_j^i \alpha_{2,i}(x)$
2	$\gamma_i = \alpha_{1,i}(l)$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^{i-1} K_j^{i-1} \alpha_{1,i}(x)$
3	$\gamma_i = \tilde{\alpha}_{1,i+2}(l) - \alpha_{1,i+2}(l) - \tilde{\alpha}_{2,i+2}(l)$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^{i-1} K_j^{i-1} (\alpha_{1,i}(x) - \eta_j \alpha_{2,i}(x))$
4	$\gamma_i = \alpha_{1,i+1}(l) - \alpha_{2,i+1}(l)$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^{i-1} K_j^{i-1} (\alpha_{1,i}(x) - \alpha_{2,i}(x))$
5	$\gamma_i = \tilde{\alpha}_{1,i+1}(l)$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^{i-1} K_j^{i-1} \alpha_{1,i}(x)$
6	$\gamma_i = \tilde{\alpha}_{2,i}(l)$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i K_j^i \alpha_{2,i}(x)$

Зная $X_1(x, K), X_2(x, K), \tilde{X}_1(x, K), \tilde{X}_2(x, K)$ и пользуясь табл. 2, можно выписать характеристические уравнения и законы смежных искривленных форм равновесия стержня для всех шести случаев граничных условий.

Проще всего обстоит дело, когда концы стержня шарнирно оперты (случай 1). Здесь характеристическое уравнение является элементарным: $X_2(l, K) = \frac{\alpha}{\sqrt{K}} \sin \frac{\sqrt{K}}{\alpha} = 0$. Отсюда

$K_j = (\alpha \pi j)^2$ и на основании (2) имеем спектр критических сил $N_j = (\alpha \pi j)^2 \frac{EI_0}{l^2}$ ($j = 1, 2, 3, \dots$).

Наименьшая из них

$$N_{кр} = (\alpha \pi)^2 \frac{EI_0}{l^2}. \tag{7}$$

Закон для искривленных форм равновесия определится формулой:

$$Y_j \left(\frac{x}{l} \right) = X_2(x, K_j) = \frac{u}{\alpha \pi j} \sin \alpha \pi j \frac{x}{lu} \quad (j = 1, 2, 3, \dots).$$

Несколько сложнее выкладки в случае, когда концы стержня заделаны (случай 3). Несмотря на это, здесь также значение первой критической силы определяется точно. Соответствующее характеристическое уравнение принимает вид:

$$2 - X_1(l, K) + \tilde{X}_1(l, K) - \tilde{X}_2(l, K) = 2 - 2 \cos \frac{\sqrt{K}}{\alpha} - \frac{\sqrt{K}}{\alpha} \sin \frac{\sqrt{K}}{\alpha} = 0.$$

После элементарных тригонометрических преобразований это уравнение оказывается равносильным совокупности двух уравнений:

$$\sin \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} = 0; \quad (8)$$

$$\sin \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} - \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} \cos \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} = 0. \quad (9)$$

Множество коэффициентов устойчивости получим, когда объединим корни каждого из этих уравнений в единое множество и упорядочим их по возрастанию. Как показывают вычисления, в указанном упорядоченном множестве на местах с нечетными номерами располагаются корни уравнения (8), а на местах с четными номерами находятся корни уравнения (9).

Поскольку уравнение (8) является элементарным, то коэффициенты устойчивости с нечетными номерами определяются точно: $K_1 = (2\alpha\pi)^2$, $K_3 = (4\alpha\pi)^2$, $K_5 = (6\alpha\pi)^2, \dots$. Следовательно, по формуле (2) точно определяются и критические силы с нечетными индексами. Наименьшая из них равна

$$N_{кр} = (2\alpha\pi)^2 \frac{E_0 I_0}{l^2}.$$

Для отыскания коэффициентов устойчивости с четными номерами K_2, K_4, K_6, \dots служит трансцендентное уравнение (9).

Пользуясь соответствующей формулой из табл. 2, для закона искривленных форм равновесия получим

$$Y_j \left(\frac{x}{l} \right) = \frac{1}{K_j} \left[1 - u \left(\cos \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} + \frac{1-\alpha}{\sqrt{K_j}} \sin \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} \right) - \eta_j \left(\frac{x}{l} - \frac{u}{\sqrt{K_j}} \sin \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} \right) \right]. \quad (10)$$

Определим здесь значения $\eta_j (j = 1, 2, 3, \dots)$.

$$\eta = \frac{1 - X_1(l, K)}{1 - X_2(l, K)} = \frac{1 - \alpha \left(\cos \frac{\sqrt{K}}{\alpha} + \frac{1-\alpha}{\sqrt{K}} \sin \frac{\sqrt{K}}{\alpha} \right)}{1 - \frac{\alpha}{\sqrt{K}} \sin \frac{\sqrt{K}}{\alpha}}.$$

После преобразований приходим к формуле

$$\eta = \frac{1 + tg^2 \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} - \alpha \left(1 - tg^2 \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} + \frac{2(1-\alpha)}{\sqrt{K}} tg \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} \right)}{1 + tg^2 \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} - \frac{2\alpha}{\sqrt{K}} tg \frac{\sqrt{K}}{2\alpha}}. \quad (11)$$

Если K – корень уравнения (8), то $tg \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} = 0$, а если K – корень уравнения (9), то

$\operatorname{tg} \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} = \frac{\sqrt{K}}{2\alpha}$. Подставляя значения тангенсов в формулу (11), находим, что в первом случае $\eta = 1 - \alpha$, во втором $\eta = 1 + \alpha$. Или $\eta_1 = \eta_3 = \eta_5 = \dots = 1 - \alpha$, $\eta_2 = \eta_4 = \eta_6 = \dots = 1 + \alpha$.

Формула (10) теперь принимает разный вид в зависимости от четности либо нечетности индекса j . Для значений $j = 1, 3, 5, \dots$

$$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{u}{((j+1)\alpha\pi)^2} \left(1 - \cos(j+1)\alpha\pi \frac{x}{lu}\right),$$

а для значений $j = 2, 4, 6, \dots$

$$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{1}{K_j} \left(1 - (1 + \alpha) \frac{x}{l} - u \left(\cos \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} - \frac{2\alpha}{\sqrt{K_j}} \sin \sqrt{K_j} \frac{x}{lu}\right)\right).$$

Выкладки, соответствующие остальным случаям граничных условий, а также процесс отыскания корней трансцендентных уравнений, опускаем. Заметим только, что для всех характеристических уравнений вычислены первые три корня, соответствующие значению α с шагом 0,1. Результаты приведены в табл. 3.

Ясно, что и для любых других значений α можно отыскать коэффициенты устойчивости.

Таблица 3

Коэффициенты устойчивости

Случай	Характеристическое уравнение	α	K_1	K_2	K_3
1	$\sin \frac{\sqrt{K}}{\alpha} = 0$	любо е	$(\alpha\pi)^2$	$(2\alpha\pi)^2$	$(3\alpha\pi)^2$
2	$\cos \frac{\sqrt{K}}{\alpha} + \frac{1-\alpha}{\sqrt{K}} \sin \frac{\sqrt{K}}{\alpha} = 0$	0,1	0,0804	0,3269	0,7497
		0,2	0,2643	1,1466	2,7575
		0,3	0,4979	2,3765	5,9536
		0,4	0,7566	4,0058	10,3387
		0,5	1,0289	6,0348	15,9148
		0,6	1,3093	8,4647	22,6829
		0,7	1,5947	11,2962	30,6438
		0,8	1,8835	14,5302	39,7976
		0,9	2,1746	18,1669	50,1447
		1	$(\pi/2)^2$	$(3\pi/2)^2$	$(5\pi/2)^2$
3	$\begin{cases} \sin \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} = 0; \\ \sin \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} - \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} \cos \frac{\sqrt{K}}{2\alpha} = 0. \end{cases}$	0,1	$(2\alpha\pi)^2$	0,80763	$(4\alpha\pi)^2$
		0,2		3,23052	
		0,3		7,26866	
		0,4		12,9221	
		0,5		20,1907	
		0,6		29,0746	
		0,7		39,5738	
		0,8		51,6883	
		0,9		65,4179	
		1		80,7629	
4	$\cos \frac{\sqrt{K}}{\alpha} - \frac{\alpha}{\sqrt{K}} \sin \frac{\sqrt{K}}{\alpha} = 0$	0,1	0,2019	0,5968	1,1889
		0,2	0,8076	2,3872	4,7559
		0,3	1,8172	5,3711	10,7009

		0,4	3,2305	9,5487	19,0239
		0,5	5,0477	14,9199	29,7249
		0,6	7,2687	21,4846	42,8039
		0,7	9,8934	29,2429	58,2609
		0,8	12,9221	38,1949	76,0959
		0,9	16,3545	48,3404	96,3089
		1	20,1907	59,6795	118,899
5	$\frac{(1-\alpha)^2}{\alpha} \cos \frac{\sqrt{K}}{\alpha} - \left(\frac{(1-\alpha)^2}{\sqrt{K}} + \frac{\sqrt{K}}{\alpha} \right) \sin \frac{\sqrt{K}}{\alpha} = 0$	0,1	0,1656	0,4987	1,0131
		0,2	0,5622	1,7969	3,7890
		0,3	1,1214	3,8258	8,2781
		0,4	1,8315	6,5936	14,4952
		0,5	2,6994	10,1145	22,4543
		0,6	3,7375	14,4022	32,1686
		0,7	4,9596	19,4698	43,6507
		0,8	6,3800	25,3301	56,9129
		0,9	8,0123	31,9955	71,9674
		1	π^2	$(2\pi)^2$	$(3\pi)^2$
6	$\frac{1}{\alpha} \cos \frac{\sqrt{K}}{\alpha} - \frac{1-\alpha}{\sqrt{K}} \sin \frac{\sqrt{K}}{\alpha} = 0$	0,1	0,0029	0,2039	0,5988
		0,2	0,0231	0,8237	2,4032
		0,3	0,0763	1,8715	5,4253
		0,4	0,1773	3,35943	9,6770
		0,5	0,3396	5,29970	15,1706
		0,6	0,5755	7,7044	21,9179
		0,7	0,8963	10,5856	29,9311
		0,8	1,3124	13,9552	39,2220
		0,9	1,8332	17,8250	49,8027
		1	$(\pi/2)^2$	$(3\pi/2)^2$	$(5\pi/2)^2$

При этом в первом и частично во втором случаях нет нужды снова обращаться к решению характеристических уравнений, так как здесь зависимость коэффициентов устойчивости от значения параметра α выражена не таблично, а аналитически. Чтобы и в других случаях в будущем всякий раз можно было обойтись без решения характеристического уравнения, возникает идея выразить найденную табличную зависимость между параметрами K и α аналитически.

Рассматривая коэффициент устойчивости K как функцию переменной α , а также, имея множество значений этой функции, соответствующих значениям независимой переменной $0 < \alpha \leq 1$, аппроксимируем функцию K многочленом.

Как известно, качество аппроксимации характеризуется так называемым коэффициентом детерминации R_d^2 , где d – степень искомого многочлена. Коэффициент детерминации изменяется от 0 до 1. На практике, когда коэффициент детерминации близок к единице, это указывает на то, что модель вполне адекватно отражает свойства исходного объекта.

Стандартную процедуру построения аппроксимации и сопутствующие ей вычисления опускаем. Заметим только, что степень аппроксимирующего многочлена выбиралась из условия, что коэффициент детерминации не должен быть меньше, чем 0,9999. Например, во втором случае граничных условий, выбирая $d = 2$, будем иметь $K_1 = -0,1655 + 2,1281\alpha + 0,5214\alpha^2$ и $R_2^2 = 0,999599$, что меньше заданного. Для значения $d = 3$ получим

$K_1 = -0,0933 + 1,4877\alpha + 1,9099\alpha^2 - 0,8415\alpha^3$ и $R_3^2 = 0,999954$. Поскольку R_3^2 больше заданного, то дальнейшие вычисления не требуются.

В табл. 4 в аналитическом виде приведены три первых коэффициента устойчивости и законы искривленных форм равновесия стержня.

Таким образом, для шести случаев идеальных граничных условий задача устойчивости для множества однородных стержней, момент инерции которых описывается законом (4), полностью решена. Заметим, что когда $\alpha = 1$, приходим к стержню постоянной жесткости. Как видно из табл. 3, 4, коэффициенты устойчивости и искривленные формы равновесия, соответствующие такому значению α полностью совпадают с известными результатами для однородного стержня постоянного сечения [3]. Примером стержня, момент инерции которого описывается формулой (4), может служить усеченный конус с радиусами оснований R, r ($R \geq r, r \neq 0$) (рис. 1, а). В таком случае $I_0 = \frac{\pi R^4}{4}, \alpha = \frac{r}{R}$.

Таблица 4

Итоговые результаты

Случай	Аналитическое представление коэффициентов устойчивости	Законы искривленных форм равновесия ($j = 1, 2, 3, \dots$)
1	$K_j = (\alpha\pi j)^2 \quad (j = 1, 2, 3, \dots)$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{u}{\alpha\pi j} \sin \alpha\pi j \frac{x}{lu}$
2	$K_1 = -0,0933 + 1,4877\alpha + 1,9099\alpha^2 - 0,8415\alpha^3$ $K_2 = -0,0973 + 2,2203\alpha + 20,0823\alpha^2$ $K_3 = -0,0573 + 2,1475\alpha + 59,5921\alpha^2$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{1}{K_j} \left(1 - u \left(\cos \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} + \frac{1-\alpha}{\sqrt{K_j}} \sin \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} \right) \right)$
3	$K_1 = (2\alpha\pi)^2$ $K_2 = 0,0001\alpha + 80,7626\alpha^2 + 0,0002\alpha^3$ $K_3 = (4\alpha\pi)^2$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{u}{((j+1)\alpha\pi)^2} \left(1 - \cos(j+1)\alpha\pi \frac{x}{lu} \right) \quad (j = 1, 3, 5, \dots)$ $Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{1}{K_j} \left(1 - (1+\alpha) \frac{x}{l} - u \left(\cos \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} - \frac{2\alpha}{\sqrt{K_j}} \sin \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} \right) \right)$ $(j = 2, 4, 6, \dots)$
4	$K_1 = 0,0001\alpha + 20,1906\alpha^2$ $K_2 = -0,0001\alpha + 59,6796\alpha^2$ $K_3 = 0,0003 - 0,0038\alpha + 118,9101\alpha^2 - 0,0073\alpha^3$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{1}{K_j} \left(1 - \frac{x}{l} - u \left(\cos \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} - \frac{\alpha}{\sqrt{K_j}} \sin \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} \right) \right)$
5	$K_1 = -0,1245 + 2,2349\alpha + 5,8546\alpha^2 + 1,9012\alpha^3$ $K_2 = 0,0986 + 0,6762\alpha + 38,6495\alpha^2$ $K_3 = 0,1273 + 0,6042\alpha + 88,0416\alpha^2$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{1}{K_j} \left(1 - u \left(\cos \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} + \frac{1-\alpha}{\sqrt{K_j}} \sin \sqrt{K_j} \frac{x}{lu} \right) \right)$
6	$K_1 = 0,0152 - 0,1987\alpha + 0,7521\alpha^2 + 1,9006\alpha^3$ $K_2 = 0,1725 - 1,5321\alpha + 23,5160\alpha^2$ $K_3 = 0,1719 - 1,5256\alpha + 62,9883\alpha^2$	$Y_j\left(\frac{x}{l}\right) = \frac{u}{\sqrt{K_j}} \sin \sqrt{K_j} \frac{x}{lu}$

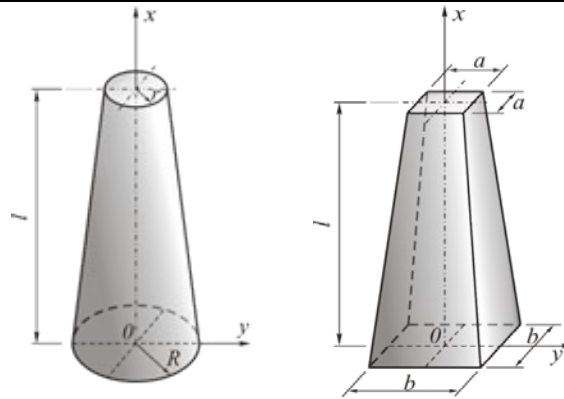


Рис. 1. Усеченный конус и пирамида

Другим примером будет стержень в виде усеченной пирамиды, в основаниях которой лежат квадраты со сторонами a, b ($a \leq b, a \neq 0$) (рис. 1, б). В этом случае $I_0 = \frac{b^4}{12}, \alpha = \frac{a}{b}$.

Существуют и другие частные случаи непрерывного изменения жесткости, когда характеристические уравнения и смежные искривленные формы равновесия стержня выражаются посредством элементарных или специальных функций. Ход решения в таких ситуациях, по сути, будет аналогичным рассмотренному примеру. Однако, с точки зрения общности результатов исследования, гораздо важнее указать эффективный способ численной реализации для найденных точных формул, который был бы пригодным для любой непрерывной жесткости. Наличие такого способа придаст еще большую практическую ценность найденным точным решениям и в конечном итоге позволит сформулировать новый метод исследования стержней на устойчивость.

Разрешимость характеристического уравнения в общем случае. Исследуем характеристическое уравнение общего вида (1) на разрешимость.

Как видно из табл. 2, левая часть характеристического уравнения представляет собой значение одной из функций $X_1(x, K), X_2(x, K), \tilde{X}_1(x, K), \tilde{X}_2(x, K)$ или их линейных комбинаций в точке $x=l$. Напомним, что эти функции определены абсолютно и равномерно сходящимися функциональными рядами. Отсюда, в частности, вытекает сходимость в точке $x=l$. Вследствие этого знакпеременный числовой ряд в левой части характеристического уравнения (1) всегда абсолютно сходится.

Очевидно, в случае отрицательного значения параметра K , левая часть (1) является суммой положительных чисел, а значит, никогда не равна нулю. Поэтому уравнение (1) не может иметь отрицательных корней. Очевидно, что и число ноль также не может быть корнем. Таким образом, корнями могут быть либо вещественные строго положительные числа, либо комплексные числа.

Из сходимости ряда в левой части уравнения следует, что какой сколь угодно малой ни была бы задана точность ε для вычисления корня, ее всегда можно достичь, удерживая некоторое конечное число $m+1$ первых членов ряда и пренебрегая остальными, которые в силу своей малости, практически не будут влиять на значение корня. В результате такой процедуры, для неизвестного K получим приближенное характеристическое уравнение, которое будет представлять собой алгебраическое уравнение степени m с вещественными коэффициентами

$$f_m(K) = 1 - \gamma_1 K + \gamma_2 K^2 - \gamma_3 K^3 + \dots + (-1)^m \gamma_m K^m = 0. \quad (12)$$

Многочлен $f_m(K)$ будем называть характеристическим. Согласно теореме Декарта [6], число положительных корней многочлена, засчитываемых каждый столько раз, какова его кратность, равно числу перемен знаков в системе коэффициентов этого многочлена или меньше этого числа на четное число. Число перемен знаков многочлена $f_m(K)$, очевидно, равно m . Следовательно, выбирая значение m нечетным, мы гарантируем наличие как минимум одного положительного корня уравнения (12).

Итак, для всех шести случаев идеальных граничных условий при любой непрерывной переменной жесткости стержня, характеристическое уравнение, определяемое единой формулой (1), всегда приближенно разрешимо на множестве вещественных строго положительных чисел.

Численная реализация точных решений. Перейдем теперь к вопросу эффективной численной реализации построенных выше точных решений в общем случае непрерывной переменной жесткости.

Исходными здесь будут формулы табл. 2, заданные в формате образующих функций $\alpha_{n,i}(x)$ ($n=1,2$) ($i=1,2,3,\dots$). Поэтому актуальна задача численной реализации формул, которыми эти функции определены. Для решения этой задачи выведем необходимые квадратуры.

Один из классических методов численного интегрирования основан на замене подынтегральной функции ее аппроксимирующим многочленом. Такая идея оказывается плодотворной и в нашем случае, в первую очередь потому, что позволяет избежать многократного численного интегрирования, предписанного формулой (П.36). Это особенно важно с точки зрения будущей программной реализации метода.

Итак, аппроксимируем безразмерную функцию $\frac{1}{A(x)}$ многочленом

$$\frac{1}{A(x)} = A_0 + A_1 \left(\frac{x}{l}\right) + A_2 \left(\frac{x}{l}\right)^2 + \dots + A_s \left(\frac{x}{l}\right)^s, \quad (13)$$

где A_j ($j=0,1,\dots,s$) – безразмерные коэффициенты. Тогда на основании (П.36) заключаем, что $\alpha_{n,i}(x)$ ($n=1,2$) ($i=1,2,3,\dots$) также многочлен. Поскольку формула (П.36) содержит всего $2i$ интегралов, то наибольшая степень этого многочлена будет равна $is + 2i + n - 1$, а наименьшая $2i + n - 1$. Но тогда $\alpha_{n,i}(x)$ можно представить в виде

$$\alpha_{n,i}(x) = \left(\frac{x}{l}\right)^{2i+n-1} \sum_{j=0}^{is} d_{i,j}^{(n)} \left(\frac{x}{l}\right)^j, \quad (14)$$

где $d_{i,j}^{(n)}$ – коэффициенты, подлежащие определению.

Из формул (П.35), (П.40) вытекают представления:

$$\tilde{\alpha}_{n,i}(x) = \frac{1}{l} \int_0^x \frac{1}{A(x)} \alpha_{n,i-1}(x) dx; \quad \alpha_{n,i}(x) = \frac{1}{l} \int_0^x \tilde{\alpha}_{n,i}(x) dx. \quad (15)$$

В соответствии с первой из формул (15), найдем произведение многочленов $\frac{1}{A(x)}$ и $\alpha_{n,i-1}(x)$, после чего результат проинтегрируем. Для произведения будем иметь

$$\frac{1}{A(x)} \alpha_{n,i-1}(x) = \left(\frac{x}{l}\right)^{2i+n-3} \sum_{j=0}^{is} e_{i-1,j}^{(n)} \left(\frac{x}{l}\right)^j,$$

где $e_{i-1,j}^{(n)} = \sum_{k=0}^j A_{j-k} d_{i-1,k}^{(n)}$, причем $A_{j-k} = 0$, если $j-k > s$ и $d_{i-1,k}^{(n)} = 0$, если $k > (i-1)s$. Тогда

$$\tilde{\alpha}_{n,i}(x) = \left(\frac{x}{l}\right)^{2i+n-2} \sum_{j=0}^{is} \frac{e_{i-1,j}^{(n)}}{2i+j+n-2} \left(\frac{x}{l}\right)^j. \quad (16)$$

Далее на основании второй из формул (15) находим

$$\alpha_{n,i}(x) = \left(\frac{x}{l}\right)^{2i+n-1} \sum_{j=0}^{is} \frac{e_{i-1,j}^{(n)}}{(2i+j+n-2)(2i+j+n-1)} \left(\frac{x}{l}\right)^j.$$

Сопоставляя последнюю формулу с представлением (14), получаем

$$d_{i,j}^{(n)} = \frac{e_{i-1,j}^{(n)}}{(2i+j+n-2)(2i+j+n-1)} \quad (i=1,2,3,\dots) \quad (j=0,1,\dots, is). \quad (17)$$

Исключая здесь параметр $e_{i-1,j}^{(n)}$, окончательно приходим к формуле:

$$d_{i,j}^{(n)} = \frac{\sum_{k=0}^j A_{j-k} d_{i-1,k}^{(n)}}{(2i+j+n-2)(2i+j+n-1)} \quad (i=1,2,3,\dots) \quad (j=0,1,\dots, is). \quad (18)$$

Полученная формула является рекуррентной, то есть каждое следующее значение $d_{i,j}^{(n)}$ вычисляется через предыдущее. Поэтому следует указать начальное значение $d_{0,0}^{(n)}$.

Если распространить (14) на случай $i=0$, получим $\alpha_{n,0}(x) = d_{0,0}^{(n)} \left(\frac{x}{l}\right)^{n-1}$. Сравнивая это выражение с первой из формул (П.35), находим $d_{0,0}^{(n)} = 1$. После этого формула (18) становится вполне определенной, и все коэффициенты $d_{i,j}^{(n)}$ можно считать известными. Особо подчеркнем, что эти коэффициенты безразмерные, поскольку вычисляются через безразмерные величины A_j ($j=0,1,\dots,s$).

Представление (16) с учетом (17) перепишем в виде

$$\tilde{\alpha}_{n,i}(x) = \left(\frac{x}{l}\right)^{2i+n-2} \sum_{j=0}^{is} \tilde{d}_{i,j}^{(n)} \left(\frac{x}{l}\right)^j, \quad (19)$$

где $\tilde{d}_{i,j}^{(n)} = (2i+j+n-1)d_{i,j}^{(n)}$. Равенство (19) также можно распространить на случай $i=0$, поскольку при этом получим верную формулу $\tilde{\alpha}_{n,0}(x) = \tilde{d}_{0,0}^{(n)} \left(\frac{x}{l}\right)^{n-2} = (n-1) d_{0,0}^{(n)} \left(\frac{x}{l}\right)^{n-2} = n-1$.

Таким образом, для функций $\alpha_{n,i}(x), \tilde{\alpha}_{n,i}(x)$ ($n=1,2$) ($i=1,2,3,\dots$) получены их представления через многочлены (14) и (19) соответственно. После этого для фундаментальных решений $X_n(x)$ ($n=1,2$), а также для функций $\tilde{X}_n(x)$ ($n=1,2$), будем иметь:

$$X_n(x) = \left(\frac{x}{l}\right)^{n-1} + \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^i K^i \left(\frac{x}{l}\right)^{2i+n-1} \sum_{j=0}^{is} d_{i,j}^{(n)} \left(\frac{x}{l}\right)^j; \quad (20)$$

Таблица 5

Коэффициенты характеристических многочленов

Случай	γ_i ($i=0,1,2,\dots$)
1	$\gamma_i = \sum_{j=0}^{is} d_{i,j}^{(2)}$
2	$\gamma_i = \sum_{j=0}^{is} d_{i,j}^{(1)}$
3	$\gamma_i = \sum_{j=0}^{(i+2)s} \left(\tilde{d}_{i+2,j}^{(1)} - d_{i+2,j}^{(1)} - \tilde{d}_{i+2,j}^{(2)} \right)$

4	$\gamma_i = \sum_{j=0}^{(i+1)s} (d_{i+1,j}^{(1)} - d_{i+1,j}^{(2)})$
5	$\gamma_i = \sum_{j=0}^{(i+1)s} \tilde{d}_{i+1,j}^{(1)}$
6	$\gamma_i = \sum_{j=0}^{is} \tilde{d}_{i,j}^{(2)}$

$$\tilde{X}_n(x) = n - 1 + \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^i K^i \left(\frac{x}{l}\right)^{2i+n-2} \sum_{j=0}^{is} \tilde{d}_{i,j}^{(n)} \left(\frac{x}{l}\right)^j. \quad (21)$$

Обратимся к характеристическому уравнению (1). Согласно формулам табл. 2, его коэффициенты вычисляются посредством чисел $\alpha_{n,i}(l), \tilde{\alpha}_{n,i}(l)$ ($n=1,2$)($i=0,1,2,\dots$), которые теперь можно легко определить. Полагая $x=l$ в представлениях (14), (19), получим

$$\alpha_{n,i}(l) = \sum_{j=0}^{is} d_{i,j}^{(n)}; \quad \tilde{\alpha}_{n,i}(l) = \sum_{j=0}^{is} \tilde{d}_{i,j}^{(n)} \quad (n=1,2)(i=0,1,2,\dots).$$

После того как нужные числа найдены, исходя из табл. 2, можно выписать окончательные формулы для коэффициентов характеристических многочленов. Они представлены в табл. 5.

Уравнения типа (1), в которых левая часть представляет собою сходящийся ряд, часто встречаются в строительной механике. В подобных ситуациях оценка погрешности решения проводится путем сравнения результатов расчета с различным числом удерживаемых членов ряда [7]. Остановимся на этой процедуре подробнее применительно к нашему случаю.

Пусть $K_1^{(m)}, K_1^{(m+2)}$ – наименьшие положительные корни многочленов $f_m(K), f_{m+2}(K)$ соответственно. Если для некоторого текущего значения $m=1,3,5,\dots$ будет выполнено условие $|K_1^{(m+2)} - K_1^{(m)}| < \varepsilon$, то полагаем, что первый корень уравнения (1) найден, а именно $K_1 = K_1^{(m)}$. Точность вычисления этого корня равна ε .

Поступая аналогично, можно определить требуемое количество следующих по возрастанию корней K_1, K_2, K_3, \dots уравнения (1) с заданной точностью. Здесь полагаем $K_j = K_j^{(m)}$ ($j=1,2,3,\dots$) при условии, что

$$|K_j^{(m+2)} - K_j^{(m)}| < \varepsilon. \quad (22)$$

Следует заметить, что заданная точность при вычислении разных корней будет достигаться, вообще говоря, при разных значениях m .

Описанная процедура сводит отыскание коэффициентов устойчивости к последовательному вычислению вещественных корней характеристических многочленов $f_m(K), f_{m+2}(K)$. Такая математическая задача хорошо изучена и не может вызывать принципиальных затруднений. Для вычисления корней многочленов существует целое множество численных методов и программных возможностей.

Алгоритм метода прямого интегрирования в задачах устойчивости. В конечном итоге имеем новый метод расчета стержней на устойчивость. Здесь мы сформулируем его применительно к рассмотренному случаю стержня с произвольной непрерывной переменной жесткостью, сжатого постоянной продольной силой.

Метод основан на точном решении уравнения равновесия и способе его численной реализации. Указанный способ определяется следующим алгоритмом:

1. Аппроксимируем заданную функцию $\frac{1}{A(x)}$ многочленом (13). При этом степень аппроксимирующего многочлена s выбираем в каждом конкретном случае из условия адекватного приближения.

2. Для текущего значения $m = 1, 3, 5, \dots$ вычисляем по соответствующей формуле из табл. 5 коэффициенты характеристического многочлена γ_i ($i = 0, 1, 2, \dots, m+2$). При этом для каждого значения i вначале вычисляем числа $d_{i,j}^{(n)}$ ($j = 0, 1, \dots, is$), применяя формулу (19). Формируем пару многочленов $f_m(K)$ и $f_{m+2}(K)$.

3. С заданной точностью ε находим корни $K_j^{(m)}$ ($j = 1, 2, 3, \dots$) многочлена $f_m(K)$, удовлетворяющие условию (22). Найденные корни записываем в порядке возрастания $K_1^{(m)}, K_2^{(m)}, K_3^{(m)}, \dots$. После этого для корней характеристического уравнения (1) полагаем $K_j = K_j^{(m)}$ ($j = 1, 2, 3, \dots$).

4. Подставляя найденные значения коэффициентов устойчивости в формулу (2) и в соответствующую формулу табл. 2, получим критические силы и соответствующие им законы искривленных форм равновесия стержня.

При необходимости по формулам (П.44), (П.45), (П.33), (20), (21) находим другие параметры состояния стержня. При этом формулы (20), (21) для вычислений можно заменить приближенными, удерживая в них некоторое конечное число первых членов ряда и пренебрегая остальными.

Важно заметить следующее. Хотя теорема Декарта гарантирует наличие положительного корня только у многочлена нечетной степени, практика вычислений при решении данного класса задач показывает, что и при четном значении m многочлен $f_m(K)$ почти всегда обладает положительным корнем. Случаи отсутствия положительного корня составляют редкое исключение. Поэтому на практике возможно применение описанной процедуры отыскания корня путем сравнения корней многочленов $f_m(K)$ и $f_{m+1}(K)$ для значений $m = 1, 2, 3, \dots$. А если при каком-то четном значении m нужного корня все же не существует, то такой случай можно просто исключить из рассмотрения и перейти к следующему m .

Для указанного алгоритма разработано программное обеспечение.

Следует особо отметить, что при реализации указанного алгоритма есть возможность управлять точностью вычислений. Вообще говоря, алгоритмом заложены два источника погрешности. Первый из них – это погрешность аппроксимации. Эту погрешность можно нивелировать, поскольку за счет выбора нужной степени аппроксимации всегда можно достичь желаемой точности приближения. Второй источник погрешности – это погрешность вычисления корней характеристического уравнения. Реализуя здесь указанный выше метод сравнения результатов вычисления корня с различным числом членов убывающего ряда, всегда можно добиться желаемой точности вычислений ε за счет надлежащего выбора параметра m .

Для оценки точности предлагаемого метода в программном режиме вычислялся коэффициент устойчивости для ряда случаев, когда его точное значение известно наперед. Сравнение вычисленных и точных значений коэффициента устойчивости указывают на высокую точность метода. При этом практика вычислений показывает, что можно добиться

сколь угодно малой погрешности между точным и вычисляемым значениями, выбирая надлежащим образом параметры s и ε .

Например, в рассмотренном выше случае, для которого справедлива формула (7), точное значение коэффициента устойчивости, когда $\alpha = 0,5$ будет равно $K = (\alpha\pi)^2 = 2,46740110$. Этот же коэффициент устойчивости, вычисленный в программном режиме при значениях $s = 4$ и $\varepsilon = 0,001$, равен $K = K_1^{(5)} = 2,469778461$. Относительная погрешность в этом случае не превосходит 0,1%.

Выводы. Решена задача устойчивости равновесия стержня с произвольной непрерывной переменной жесткостью. Проинтегрировано дифференциальное уравнение продольного изгиба; в аналитическом виде выписаны все необходимые формулы, характеризующие напряженно-деформированное состояние стержня; получено аналитическое представление для критической силы; указан эффективный метод численной реализации найденных точных решений; сформулирован алгоритм нового метода исследования стержней на устойчивость, который допускает простую программную реализацию.

Список использованной литературы

1. Крутий Ю.С. Точное решение дифференциального уравнения устойчивости равновесия упругого стержня с произвольной непрерывной переменной жесткостью / Ю.С. Крутий, Н.Г. Сурьянинов — Вестник КНУТД. — Киев, 2015, вып. 6(92). — С. 129-139.
2. Перельмутер А.В.. Устойчивость равновесия конструкций и родственные проблемы / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер — М.: Издательство СКАД СОФТ — Т. 1., 2007. — 670 с.
3. Баженов В.А. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології / В.А. Баженов, А.В. Перельмутер, О.В. Шишов — К.: Каравела, 2009. — 696 с.
4. Киселев В.А. Строительная механика / В.А. Киселев — М.: Стройиздат, 1980. — 616 с.
5. Смирнов А.Ф. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений/ А.Ф. Смирнов, А.В. Александров, Б.Я. Лащеников, Н.Н. Шапошников — М.: Стройиздат, 1984. — 416 с.
6. Курош А.Г. Курс высшей алгебры / А.Г. Курош — М.: Издательство «Наука», 1968. — 431 с.
7. Ильин В.П. Численные методы решения задач строительной механики / В.П. Ильин, В.В. Карпов, А.М. Масленников — Мн.: Вышэйшая школа, 1990. — 349 с.

АНАЛІТИЧНЕ РІШЕННЯ РІВНЯННЯ СТІЙКОСТІ СТЕРЖНЯ З ДОВІЛЬНОЮ БЕЗПЕРЕРВНОЮ ЗМІННОЮ ЖОРСТКІСТЮ ЗА ІДЕАЛЬНИХ ГРАНИЧНИХ УМОВ

КРУТИЙ Ю.С., СУР'ЯНІНОВ М.Г.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Мета. Побудова аналітичного рішення задачі про стійкість стрижня з довільною безперервної змінною жорсткістю.

Методика. Застосування методу прямого інтегрування з подальшим виведенням квадратурних формул для чисельної реалізації знайдених точних рішень. Рішення методом

порівняння характеристичних рівнянь, що відповідають різних граничних умов.

Результати. Розроблено новий аналітичний метод дослідження задач стійкості.

Наукова новизна. Отримано аналітичне подання для поздовжньої сили, що містить безрозмірний параметр, названий нами коефіцієнтом стійкості, внаслідок чого завдання відшукування критичної сили для стержня з безперервною жорсткістю зводиться до відшукування зазначеного коефіцієнта стійкості шляхом послідовного обчислення дійсних коренів характеристичних многочленів.

Практична значимість. Отримано точний аналітичний розв'язок диференціального рівняння поздовжнього вигину стрижня зі змінною поперечною жорсткістю, стисненого постійною осьювою поздовжньою силою. В аналітичному вигляді вписані формули для переміщень і внутрішніх зусиль в довільному перерізі стрижня. Ці формули виражені через початкові параметри і придатні для дослідження стійкості стрижня при будь-яких можливих граничних умовах. Математична задача визначення коренів характеристичних многочленів для відшукування коефіцієнтів стійкості і подальшого визначення критичних сил добре вивчена і не викликає принципових труднощів. Для цього існує ціла безліч чисельних методів і програмних можливостей.

Ключові слова: *стійкість, стиснений стержень, змінна жорсткість, метод прямого інтегрування, коефіцієнт стійкості, критична сила*

ANALYTICAL SOLUTIONS OF THE STABILITY OF BARS WITH ARBITRARY CONTINUOUS VARIABLE STIFFNESS IDEAL BOUNDARY CONDITIONS

KRUTIY J.U.S., SURIANINOV N.G.

Odessa State Academy of Construction and Architecture

Goal. Construction of analytical solution of the problem of stability of the rod with an arbitrary continuous variable stiffness.

Methods. Application of the method of direct integration with the subsequent withdrawal of quadrature formulas for numerical realization of exact solutions found. The decision by comparing the characteristic equations corresponding to different boundary conditions.

Results. A new analytical method for the study of stability problems.

Scientific novelty. An analytical representation of the longitudinal force, containing a dimensionless parameter called us a factor of stability, so that the problem of finding the critical force for a rod with a continuous stiffness is reduced to finding the specified rate stability through the consistent calculation of real roots of the characteristic polynomial.

Practical significance. An exact analytical solution of the differential equation of buckling rod with variable lateral stiffness, compressed constant axial longitudinal force. The analytical form of written formulas for the displacements and internal forces in an arbitrary section of the rod. These formulas are expressed in terms of the initial parameters and are suitable for investigating the stability of the rod at all possible boundary conditions. The mathematical problem of determining the roots of the characteristic polynomials for finding the factors of stability and subsequent determination of the critical power is well understood and causes no fundamental difficulties. For this there is a whole lot of numerical methods and software capabilities.

Keywords: *stability, compressed rod, a variable stiffness, the method of direct integration, stability factor, the critical force*

УДК 677.055

ПІПА Б.Ф., ПЛЕШКО С.А., КОВАЛЬОВ Ю. А.
Київський національний університет технологій та дизайну

ДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ГОЛЦІ В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ, ЗУМОВЛЕНІ ІНЕРЦІЙНИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ

Мета. Аналіз динамічних процесів, що виникають в штампованій голці в'язальної машини, зумовлених інерційними навантаженнями.

Методика. Використані сучасні методи теорії динаміки напружень в стержнях перемінного профілю.

Результати. Розроблено метод аналізу динамічних процесів в голці в'язальної машини, зумовлених інерційними навантаженнями. Встановлено, що при роботі в'язальної машини з постійною швидкістю обертання голкового циліндра зовнішні впливи на голку являють собою періодичні в часі функції. У цьому випадку початкові умови можуть бути опущені. Взаємодія голки з пазом, в якому вона розташована, обумовлена силами тертя, що залежать від ряду факторів, облік яких являє собою складну задачу. У зв'язку з цим рух голки представлено у вигляді руху, зумовленого дією зовнішньої сили, що діє з боку клина на п'ятку голки, зосередженою в точці. Встановлено, що з метою підвищення ступеня точності апроксимації сили, що діє на голку, вона може бути представлена рядом Фур'є з урахуванням періодичності руху голки. Отримано формули, за допомогою яких можна визначити як переміщення ділянок стержня голки, зумовлені інерційними навантаженнями, так і встановити залежність напруженого стану голки від виду траєкторії руху її п'ятки, тобто профілю клинів, з якими вона взаємодіє.

Наукова новизна. Одержана залежність переміщень у голці від переміщення в п'ятці, яка дає можливість дослідити напруження в стержні голки в'язальної машини, зумовлених інерційними навантаженнями.

Практична значимість. Запропонований інженерний метод в подальшому дасть можливість зменшити напруження в стержні голки в'язальної машини, що виникають при взаємодії її з клинами механізму в'язання, що в свою чергу, впливає на довговічність роботи голки.

Ключові слова: голка в'язальної машини, динамічні процеси в голці, інерційні навантаження голки, напруження в голці, зумовлені інерційними навантаженнями.

Вступ. В процесі роботи в'язальної машини голки піддаються значним навантаженням, що є основної причиною їх відмов [1-5]. Дослідження [1] показують, що ударні явища, що виникають при взаємодії голок з клинами в'язальних систем, є основною причиною руйнувань голок. Ударні навантаження в в'язальних системах можуть бути ліквідовані шляхом використання безударних клинів. Однак, і в цьому випадку в стержні голки виникають напруження, викликані інерційними навантаженнями, зумовленими специфікою роботи в'язальних машин. Тому проблема досліджень напружень в голках в'язальних машин, зумовлених інерційними навантаженнями є актуальною та своєчасною.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність питання впливу напружень, що виникають в голках в'язальних машин, на довговічність їх роботи, завданням досліджень є аналіз динамічних процесів в голці в'язальної машини, зумовлених інерційними навантаженнями.

Результати дослідження. Аналізуючи конструкцію штампованої голки, приходимо до висновку, що голка, наприклад поз. 0-388, являє собою стержень кусочно-змінного

перетину з трьома явно вираженими ділянками з постійним поперечним перерізом. У зв'язку з цим при розгляді питання про повздовжні коливання голки її розрахункову схему доцільно вибрати у вигляді, представленому на рис. 1.

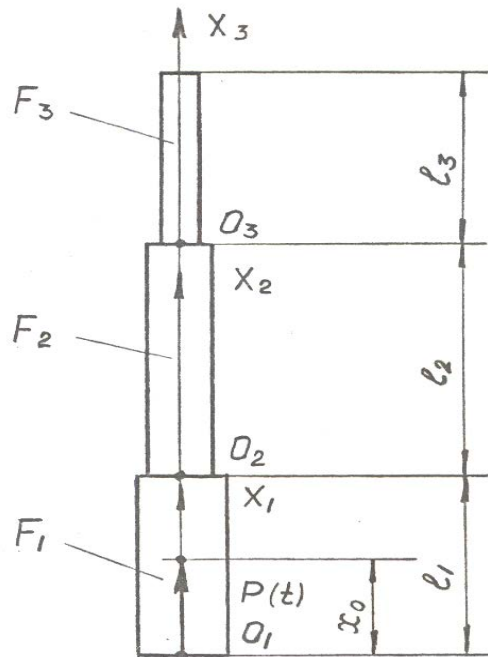


Рис. 1. Розрахункова схема до визначення напружень у голці, зумовлених інерційними навантаженнями

На рис. 1 l_i і F_i - відповідно довжина і площа поперечного перерізу i -ої ділянки ($i = 1,2,3$).

Переміщення поперечних перерізів голки при роботі машини визначається рівнянням:

$$s = s_0 + u, \quad (1)$$

де s - абсолютне переміщення перетину голки;

s_0 - переміщення голки, як твердого тіла, обумовлене технологічними вимогами процесу петлетворення;

u - відносне переміщення перетину голки, обумовлене подовжніми коливаннями стержня.

Переміщення голки згідно закону Ньютона знаходиться в наступній залежності від сили, що діє на голку:

$$\frac{d^2 s_0}{dt^2} = \frac{Q(t)}{m}, \quad (2)$$

де
$$Q(t) = \sum_{i=1}^3 \int_{l_i} f_i(x_i, t) dx_i; \quad (3)$$

$f_i(x_i, t)$ - інтенсивність розподілу рушійної сили;

$Q(t)$ - рушійна сила;

m - маса голки.

Складемо рівняння руху i - ої ділянки голки, позначивши переміщення її перетинів відповідно через s_i і u_i .

Сила інерції елемента довжиною dx_i дорівнює:

$$-\rho F_i dx_i \frac{\partial^2 s_i}{\partial t^2}, \quad (4)$$

де ρ - масова погонна щільність матеріалу голки.

Пружна сила, викликана подовжньою деформацією голки дорівнює:

$$EF_i \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i^2} dx_i, \quad (5)$$

де E - модуль пружності матеріалу голки.

З огляду на розподілене зовнішнє зусилля інтенсивності $f_i(x_i, t)$, одержуємо відповідно до принципу Д'Аламбера рівняння руху елемента з урахуванням виразів (4), (5)

у виді:

$$-\rho F_i \frac{\partial^2 s_i}{\partial t^2} + EF_i \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i^2} + f_i(x_i, t) = 0. \quad (6)$$

Враховуючи (5) і (2), рівняння (6) приймає вид:

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i^2} = -\frac{Q(t)}{m} + \frac{1}{F_i \rho} f_i(x_i, t), \quad (7)$$

де $a^2 = \frac{E}{\rho}$ (a - швидкість поширення звуку в матеріалі голки).

Рішення рівняння (7) варто підкорити визначеним початковим і граничним умовам.

При роботі круглов'язальної машини з постійною швидкістю обертання циліндра зовнішні впливи на голку являють собою періодичні в часі функції. У цьому випадку початкові умови можуть бути опущені, а граничні умови, що виражають відсутність навантажень на кінцях голки і сполучення окремих ділянок, мають вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_3}{\partial x_3} &= 0 \quad \text{при } x_3 = l_3; \\ F_3 \frac{\partial u_3}{\partial x_3} \Big|_{x_3=0} &= F_2 \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \Big|_{x_2 = l_2}; \quad u_3 \Big|_{x_3=0} = u_2 \Big|_{x_2 = l_2} \\ F_2 \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \Big|_{x_2=0} &= F_1 \frac{\partial u_1}{\partial x_1} \Big|_{x_1 = l_1}; \quad u_2 \Big|_{x_2=0} = u_1 \Big|_{x_1 = l_1}; \\ \frac{\partial u_1}{\partial x_1} &= 0 \quad \text{при } x_1 = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Таким чином подовжній рух голки описується диференціальними рівняннями (2) і (7), рішення яких задовольняє граничним умовам і умовам сполучення (8).

Розподілені зовнішні зусилля $f_i(x_i, t)$ являють собою реакції, що діють на голку від її п'ятки і від штег, між якими переміщується голка. Взаємодія голки з пазом, утвореним штегами, обумовлено силами тертя, що залежать від ряду факторів, облік яких являє собою складну задачу. У зв'язку з цим будемо розглядати рух голки під дією зовнішньої сили, що

діє з боку клина на п'ятку голки $P(t)$, припустивши для простоти її зосередженою в точці $x_1 = x_0$ (рис. 1). У цьому випадку:

$$\begin{aligned} f_1(x_i, t) &= P(t)\sigma_1(x_1 - x_0); \\ f_i(x_i, t) &= 0, \quad (i = 2, 3), \end{aligned} \quad (9)$$

де $\sigma_1(x_1 - x_0)$ - імпульсивна функція першого роду.

У цьому випадку рівняння руху окремих ділянок (7) приймають вид:

$$\frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1^2} = -\frac{P(t)}{m} + \frac{1}{F_1 \rho} P(t)\sigma_1(x_1 - x_0); \quad (10)$$

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i^2} = -\frac{P(t)}{m}, \quad (i = 2, 3) \quad (11)$$

Як уже відзначалося, зовнішній вплив на голку є періодичною функцією часу. Її період залежить від геометрії клинів і від швидкості обертання циліндра. Задамо цю функцію у виді:

$$P(t) = P \cos \omega t, \quad (12)$$

де P - амплітуда зовнішнього силового впливу на п'ятку голки;
 ω - циклічна частота.

Частинне рішення рівнянь (10), (11), що відповідає змушеним коливанням, представимо у виді:

$$u_i(x_i, t) = X_i(x_i) \cos \omega t. \quad (13)$$

Для амплітудних функцій $X_i(x_i)$ одержуємо звичайні диференціальні рівняння:

$$X_1'' + \alpha^2 X_1 = c - b \sigma_1(x_1 - x_0); \quad (14)$$

$$X_i'' + \alpha^2 X_i = c, \quad (i = 2, 3), \quad (15)$$

де введені позначення: $\alpha^2 = \frac{\omega^2}{a^2}$; $c = \frac{P}{\alpha^2 m}$; $b = \frac{P}{F_1 E}$. (16)

Рішення рівнянь (14) і (15) при $b = 0$ (ділянки 2, 3 стержня голки) має вигляд:

$$X_i(x_i) = \frac{c}{\alpha^2} + A_i \cos \alpha x_i + B_i \sin \alpha x_i, \quad (17)$$

де A_i, B_i - постійні, вибір який повинний бути підлеглий умові (8).

Частинне рішення рівняння (14) може бути знайдено операційним методом. У результаті чого маємо:

$$X_1(x_1) = \frac{c}{\alpha^2} + A_1 \cos \alpha x_1 + B_1 \sin \alpha x_1, \quad x_1 \leq x_0; \quad (18)$$

$$X_1(x_1) = \frac{c}{\alpha^2} + A_1 \cos \alpha x_1 + B_1 \sin \alpha x_1 - \frac{b}{\alpha} \sin \alpha (x_1 - x_0), \quad x_1 \geq x_0.$$

Таким чином, відносно переміщення поперечних перерізів голки визначається виразом (13) після підстановки туди амплітудних функцій (17) для $i = 2, 3$ і (18) для $i = 1$.

Для визначення постійних A_i, B_i , використовуючи умови (8), одержуємо наступну систему алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{aligned} -A_3 \sin \alpha l_3 + B_3 \cos \alpha l_3 &= 0; \\ F_3 B_3 &= F_2 (-A_2 \sin \alpha l_2 + B_2 \cos \alpha l_2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_3 &= A_2 \cos \alpha l_2 + B_2 \sin \alpha l_2; \\
 F_2 B_2 &= F_1 [-A_1 \sin \alpha l_1 + B_1 \cos \alpha l_1 - \frac{b}{\alpha} \cos \alpha (l_1 - x_0)]; \\
 A_2 &= A_1 \cos \alpha l_1 + B_1 \sin \alpha l_1 - \frac{b}{\alpha} \sin \alpha (l_1 - x_0); \\
 B_1 &= 0.
 \end{aligned} \tag{19}$$

Рішення цієї системи має вигляд: $A_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad B_1 = 0;$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= \frac{\Delta_2}{\Delta} \cos \alpha l_1 - \frac{b}{\alpha} \sin \alpha (l_1 - x_0); \quad B_2 = -\frac{F_1}{F_2} \left[\frac{\Delta_1}{\Delta} \sin \alpha l_1 + \frac{b}{\alpha} \cos \alpha (l_1 - x_0) \right]; \\
 A_3 &= (\cos \alpha l_1 \cos \alpha l_2 - \frac{F_1}{F_2} \sin \alpha l_1 \sin \alpha l_2) \frac{\Delta_1}{\Delta} - \frac{b}{\alpha} [\cos \alpha l_2 \sin \alpha (l_1 - x_0) + \\
 &+ \frac{F_1}{F_2} \sin \alpha l_2 \cos \alpha (l_1 - x_0)];
 \end{aligned} \tag{20}$$

$$\begin{aligned}
 B_3 &= -\frac{\Delta_1}{\Delta} \left(\frac{F_2}{F_3} \sin \alpha l_2 \cos \alpha l_1 + \frac{F_1}{F_3} \cos \alpha l_2 \sin \alpha l_1 \right) + \frac{b}{\alpha} \left[\frac{F_2}{F_3} \sin \alpha l_2 \sin \alpha (l_1 - x_0) - \right. \\
 &\left. - \frac{F_1}{F_2} \cos \alpha l_2 \cos \alpha (l_1 - x_0) \right],
 \end{aligned}$$

де введені наступні позначення:

$$\begin{aligned}
 \Delta &= (\cos \alpha l_1 \cos \alpha l_2 - \frac{F_1}{F_2} \sin \alpha l_1 \sin \alpha l_2) \sin \alpha l_3 + \\
 &+ \frac{F_2}{F_3} (\sin \alpha l_2 \cos \alpha l_1 + \frac{F_1}{F_2} \cos \alpha l_2 \sin \alpha l_1) \cos \alpha l_3; \\
 \Delta_1 &= \frac{b}{\alpha} \left[\left(\frac{F_2}{F_3} \sin \alpha l_2 \cos \alpha l_3 + \sin \alpha l_3 \cos \alpha l_2 \right) \sin \alpha (l_1 - x_0) + \right. \\
 &\left. + \left(\frac{F_1}{F_2} (\sin \alpha l_2 \sin \alpha l_3 - \frac{F_1}{F_3} \cos \alpha l_2 \cos \alpha l_3) \cos \alpha (l_1 - x_0) \right) \right].
 \end{aligned} \tag{21}$$

Отже, рішення рівнянь (10), (11) у розглянутому випадку періодичного руху має вигляд:

$$\begin{aligned}
 u_1(x_1, t) &= \left(\frac{c}{\alpha^2} + A_1 \cos \alpha x_1 \right) \cos \omega t, \quad x_1 \leq x_0; \\
 u_1(x_1, t) &= \left[\frac{c}{\alpha^2} + A_1 \cos \alpha x_1 - \frac{b}{\alpha} \sin \alpha (x_1 - x_0) \right] \cos \omega t, \quad x_1 \geq x_0; \\
 u_2(x_2, t) &= \left[\frac{c}{\alpha^2} + A_2 \cos \alpha x_2 + B_2 \sin \alpha x_2 \right] \cos \omega t; \\
 u_3(x_3, t) &= \left[\frac{c}{\alpha^2} + A_3 \cos \alpha x_3 + B_3 \sin \alpha x_3 \right] \cos \omega t,
 \end{aligned} \tag{22}$$

де A і B визначаються з рівнянь (20).

Знаючи величину переміщень перетинів окремих ділянок голки, неважко знайти їхні деформації і напруження, що виникають у різних ділянках голки при роботі машини, а саме:

$$\varepsilon_i = \frac{du_i}{dx_i}; \quad (23)$$

$$\sigma_i = E\varepsilon_i = E \frac{du_i}{dx_i},$$

де ε_i - деформація i - ої ділянки голки;

σ_i - напруження в i - ій частині голки.

Наприклад, для $x_1 \leq x_0$:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= -A_1\alpha \sin \alpha x_1 \cos \omega t; \\ \sigma_1 &= -EA_1\alpha \sin \alpha x_1 \cos \omega t. \end{aligned} \quad (24)$$

Абсолютне переміщення поперечного перерізу голки знаходимо шляхом додавання до (22), згідно (1), рішення рівняння (2), яке з урахуванням (12) має вигляд:

$$S_0 = -\frac{P}{m\omega^2} \cos \omega t = -\frac{c}{\alpha^2} \cos \omega t. \quad (25)$$

Аналізуючи (25), можна відзначити, що в даному рівнянні опущені складові, облік яких дозволив би задовольнити заданим початковим умовам і тим самим зафіксувати більш певне положення голки в просторі, оскільки ці складові не впливають на напружений стан голки.

Вище була розглянута задача про рух голки під дією сили, що передається на голку від п'ятки, взаємодіючої з клином. Ця сила передбачалася у виді (12). З метою підвищення ступеня точності апроксимації сили, що діє на голку, вона може бути представлена рядом Фур'є у вигляді періодичності руху голки:

$$P(t) = \sum_{n=0}^{\infty} P_n \cos \omega_n t. \quad (26)$$

Переміщення перетинів ділянок стержнів голки в цьому випадку одержимо підсумовуванням по n виразів (22), у яких величинам α , c і b варто приписати відповідний індекс n .

З отриманих формул можна установити залежність напруженого стану голки від виду траєкторії руху її п'ятки, тобто профілю клинів.

Припускаючи траєкторію руху п'ятки у вигляді плоскої кривої з періодом L (рис. 2), виразимо її рівняння у виді ряду Фур'є:

$$y = \sum_{n=0}^{\infty} f_n \cos \frac{n\pi x}{L}. \quad (27)$$

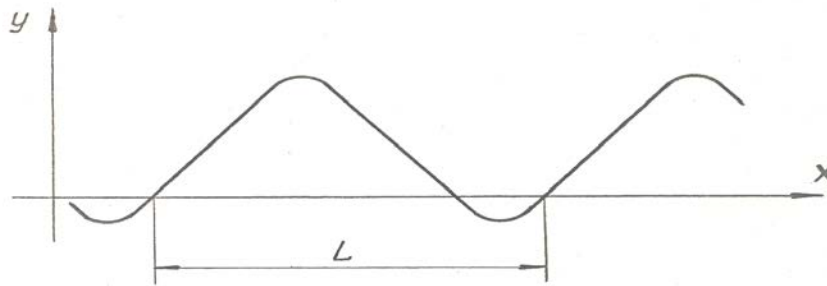


Рис. 2. Примірна траєкторія руху п'ятки голки

Оскільки голка переміщається в напрямку осі X зі швидкістю v_0 , то $X = v_0 t$. Тоді закон руху п'ятки голки згідно з (27) має вигляд:

$$y_t = \sum_{n=0}^{\infty} f_n \cos \omega_n t, \quad (28)$$

де
$$\omega_n = \frac{\pi n v_0}{L}.$$

Далі будемо вважати, що такий же рух буде здійснювати перетин голки, для якого $X_1 = X_0$ (див. рис. 1). Враховуючи (21) і (25), знаходимо переміщення цього перетину:

$$s_1(x_0, t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_1^{(n)} \cos \alpha_n x_0 \cos \omega_n t. \quad (29)$$

Прирівнюючи (28) і (29), одержуємо:

$$A_1^{(n)} \cos \alpha_n x_0 = f_n; \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (30)$$

Одержане співвідношення зв'язує коефіцієнти розкладання в ряд Фур'є траєкторії руху п'ятки і зусилля, що передається на голку від п'ятки. За допомогою співвідношення (30) виключаємо з виражень типу (22) $A_1^{(n)}$ і b_n , після чого можна одержувати залежність переміщень у голці від переміщень п'ятки. Відповідні напруження будуть мати вигляд:

$$\begin{aligned} \sigma_1(x_1, t) &= E \sum_{n=0}^{\infty} \frac{-f_n \alpha_n}{\cos \alpha_n x_0} \sin \alpha_n x_1 \cos \omega_n t, & x_1 \leq x_0; \\ \sigma_1(x_1, t) &= E \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n \left[-\frac{f_n}{\cos \alpha_n x_0} \sin \alpha_n x_1 - \frac{b_n}{\alpha_n} \cos \alpha_n (x_1 - x_0) \right] \cos \omega_n t, & x_1 \geq x_0; \\ \sigma_2(x_2, t) &= E \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n (-A_2^{(n)} \sin \alpha_n x_2 + B_2^{(n)} \cos \alpha_n x_2) \cos \omega_n t; \\ \sigma_3(x_3, t) &= E \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n (-A_3^{(n)} \sin \alpha_n x_3 + B_3^{(n)} \cos \alpha_n x_3) \cos \omega_n t. \end{aligned} \quad (31)$$

Величини $A_i^{(n)}$, $B_i^{(n)}$ ($i = 2, 3$) визначаються з (20), якщо там замінити $\frac{\Delta_1}{\Delta}$ на $\frac{f_n}{\cos \alpha_n x_0}$ і підставити замість b_n його значення, знайдене з (30) після заміни в ньому $A_i^{(n)}$, на $\frac{\Delta_1^{(n)}}{\Delta^{(n)}}$.

Висновки. В результаті виконаних досліджень:

- розроблено теорію динаміки напружень в стержні штампованої голки в'язальної машини, зумовлених інерційними навантаженнями;
- запропоновано інженерний метод визначення напружень в стержні голки в'язальної машини, що виникають при взаємодії її з клинами механізму в'язання.

Список використаної літератури

1. Піпа Б.Ф. Динаміка механізмів в'язання круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2008. – 416 с.
2. Піпа Б.Ф., Коньков Г.І., Марченко А.І. Динаміка взаємодії голки в'язальної машини з клином //Вісник КНУТД. -2010. - № 5 (т. 2). – С. 174-179.
3. Піпа Б.Ф., Місяць В.П. Зниження динамічних напружень у голці в'язальної машини //Вісник КНУТД. -2011. - № 2. – С. 36-39.
4. Плешко С.А., Піпа Б.Ф. Підвищення довговічності роботи голок в'язальних машин //Вісник КНУТД. -2014. - № 4 (78). – С. 221-226.
5. Плешко С.А., Піпа Б.Ф. Вплив жорсткості пари голка-клин на напруження, що виникають в стержні в'язальної голки при ударі об клин // Вісник ХНУ. – 2015. - № 2. – С. 41-44.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ИГЛЕ ВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ, ВЫЗВАННЫЕ ИНЕРЦИОННЫМИ НАГРУЗКАМИ

ПИПА Б.Ф., ПЛЕШКО С.А., КОВАЛЕВ Ю.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Анализ динамических процессов, возникающих в штампованной игле вязальной машины, вызванных инерционными нагрузками.

Методика. Используются современные методы теории динамики напряжений в стержнях переменного профиля.

Результаты. Разработан метод анализа динамических процессов в игле вязальной машины, вызванных инерционными нагрузками. Установлено, что при работе вязальной машины с постоянной скоростью вращения игольного цилиндра внешние воздействия на иглу представляют собой периодические во времени функции. В этом случае начальные условия могут быть опущены. Взаимодействие иглы с пазом, в котором она расположена, обусловлена силами трения, зависящими от ряда факторов, учет которых представляет собой сложную задачу. В связи с этим движение иглы представлено в виде движения, обусловленного действием внешней силы, действующей со стороны клина на пятку иглы, сосредоточенной в точке. Установлено, что с целью повышения степени точности

аппроксимации силы, действующей на иглу, она может быть представлена рядом Фурье с учетом периодичности движения иглы. Получено формулы, с помощью которых можно определить как перемещение участков стержня иглы, вызванных инерционными нагрузками, так и установить зависимость напряженного состояния иглы от вида траектории движения ее пятки, то есть профиля клиньев, с которыми она взаимодействует.

Научная новизна. Получена зависимость перемещения иголки от перемещения в пятке, которая дает возможность исследовать напряжения в стержне иголки вязальной машины, которые обусловлены инерционными нагрузками.

Практическая значимость. Предложенный инженерный метод в дальнейшем даст возможность уменьшить напряжения в стержне иголки вязальной машины, которые возникают при взаимодействии ее с клиньями механизма вязания, что в свою очередь влияет на долговечность работы иголки.

Ключевые слова: *игла вязальной машины, динамические процессы в игле, инерционные нагрузки иглы, напряжения в игле, вызванные инерционными нагрузками.*

DYNAMIC PROCESSES IN THE NEEDLE KNITTING MACHINE, CAUSED INERTIAL LOADS

PIPA B.F., PLESHKO S.A., KOVALEV Y.A.

Kiev National University of Technology and Design

The Aim. Analysis of dynamic processes occurring in the pressed needle knitting machine, caused by inertial loads.

Methods. The use of modern methods of the theory of the dynamics of stress in the bars of variable profile.

The Results. A method for the analysis of dynamic processes in the needle knitting machine, caused by inertial loads. It is established that during operation of the knitting machine at a constant speed of rotation of the needle cylinder to external influences needle are periodic functions of time. In this case, the initial conditions can be omitted. The interaction of the needle with a groove in which it is located, due to frictional forces, which depend on a number of factors which account is a complex task. In connection with this movement of the needle is presented in the form of motion due to an external force exerted by the wedge on the heel of the needle, centered at a point. It is established that in order to increase the degree of approximation of the force acting on the needle, it can be represented by the Fourier series based on the periodicity of the needle movement. The resulting formula by which can be defined as the movement of the needle bar areas caused by inertial loads, and to establish the relation stress state of the needle on the type of the path of movement of her heel, that is, the profile of the wedges, with which it interacts.

Scientific novelty. The dependence of the displacement of the needle from moving in the heel, which gives the opportunity to explore the tension in the rod needle knitting machines, which are due to inertial loads.

The practical significance. The proposed engineering method in the future will give the opportunity to reduce the tension in the rod needle knitting machines that arise in the interaction of it with the wedges of the knitting mechanism, which in turn affects durability of the needle.

Key words: *needle knitting machine, dynamic processes in the needle, the needle inertial load, the voltage at the needle caused by inertial loads.*

УДК 004.42

ГОЛУБЄВ Л.П., МАКАТЬОРА Д.А.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВИБОРУ СПЕЦІАЛЬНОСТІ АБІТУРІЄНТОМ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЗНО

Мета. Розробка автоматизованої системи визначення спеціальності навчання за результатами ЗНО.

Методика. Дослідження передбачає необхідність вирішення таких завдань: створення нової бінарної системи кодування спеціальностей, розробка алгоритму визначення спеціальності на основі сформованого бінарного коду і операцій алгебри логіки.

Результати. Розроблено концептуальну модель бази даних, що містить інформацію про регіони, ВНЗ і спеціальності. Розроблено програмне забезпечення автоматизованої системи визначення спеціальності навчання за результатами ЗНО.

Наукова новизна. Розроблено новий алгоритм визначення спеціальності навчання за допомогою бінарного коду спеціальності.

Практична значимість. Результати дослідження полягають в забезпеченні абітурієнта можливістю вибору спеціальності навчання за результатами ЗНО.

Ключові слова: спеціальність, автоматизована система, ЗНО, інтернет, ВНЗ, алгоритм, Javascript.

Вступ. Під час вступної кампанії часто перед абітурієнтом постає питання про те на які спеціальності в цьому Вищому навчальному закладі (далі – ВНЗ) абітурієнт може вступати враховуючи складені іспити зовнішнього незалежного оцінювання (далі – ЗНО). Враховуючи велику кількість різних варіантів ця проблема не є тривіальною і вимагає застосування ІТ–технологій при її вирішенні.

Постановка завдання. Відомо декілька автоматизованих систем визначення спеціальності «Пошук ВНЗ України за предметами ЗНО», але дана система дозволяє ввести тільки три предмети ЗНО, що звужує вибір абітурієнта (Сертифікат ЗНО складається з чотирьох предметів), та показує спеціальності не в конкретному ВНЗ, а в області чи місті. Існуючі автоматизовані системи визначення спеціальності «ABIT-POISK.ORG.UA» та «VSTUP.INFO» функціонують лише під час роботи приймальної комісії та мають статистичну спрямованість, що не завжди зручно користувачеві.

Результати дослідження. Особливо було б зручно мати можливість вибору спеціальності в даному конкретному ВНЗ України віддалено за допомогою Internet. Тому була розроблена автоматизована система вибору спеціальності навчання яка і допомагає абітурієнтові зробити свій вибір спеціальності навчання.

Інформація про міста (області) України зберігається в таблиці Region, а інформація про ВНЗ в таблиці Universities бази даних Education.myd [2,9]. Під час завантаження форми відбувається заповнення комбінованого списку combobox1 інформацією з таблиці Region, а комбінованого списку combobox2 інформацією з таблиці Universities [1,10].

Далі користувач обирає населений пункт, що цікавить його, в списку combobox1 і потрібний університет в combobox2 [5,8]. Ця процедура вибору представлена на рис. 1.

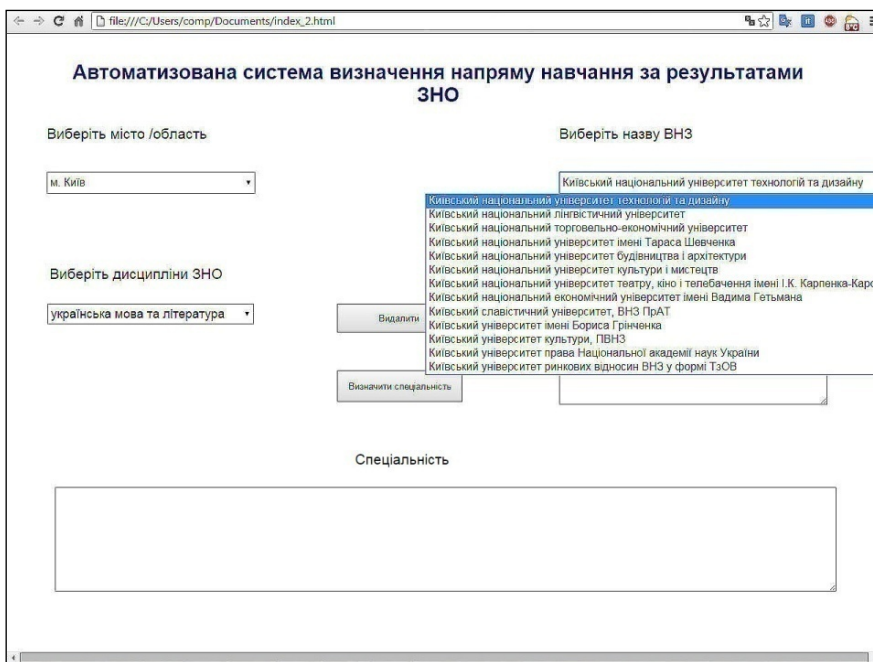


Рис. 1.Процедура вибору ВНЗ

Після цього користувач обирає дані із списку дисциплін ЗНО, які він склав, чи буде складати. Причому, якщо користувач обрав конкретну дисципліну, вона стає неактивною у списку і вибір цієї дисципліни повторно не можливий.

Після кожного вибору дисципліна, обрана користувачем відображається в списку обраних дисциплін. Якщо користувач помилився і обрав не ту дисципліну, він може видалити неправильно введені дані натиснувши кнопку "Видалити" і спробувати ще раз введення.

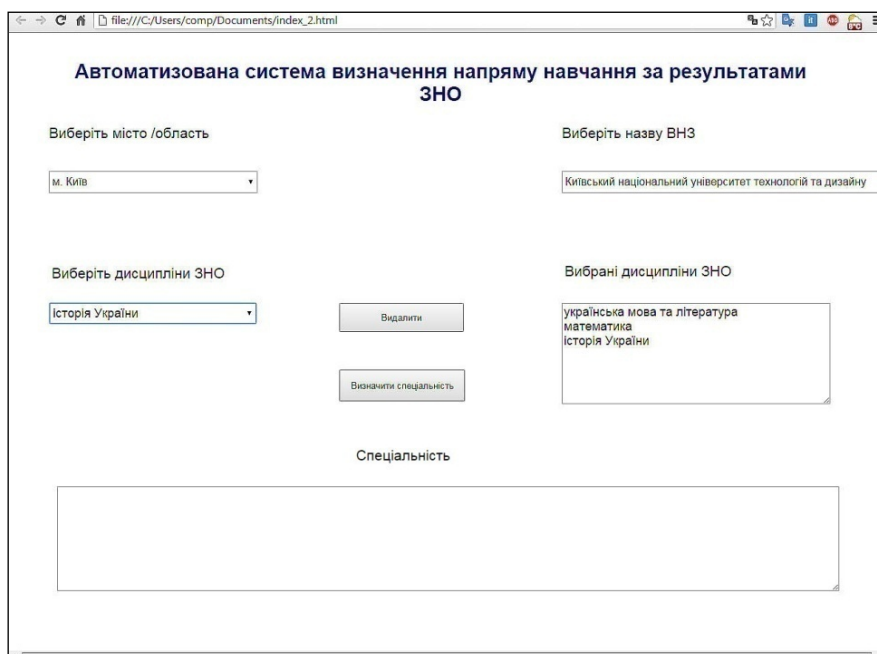


Рис. 2.Вибір предметів сертифікату ЗНО

Після введення усіх дисциплін з яких здане ЗНО користувач натискає кнопку "Визначити спеціальність". Система видає інформацію про усі спеціальності на які може поступати користувач в цьому ВНЗ при відповідній комбінації складених іспитів на ЗНО.

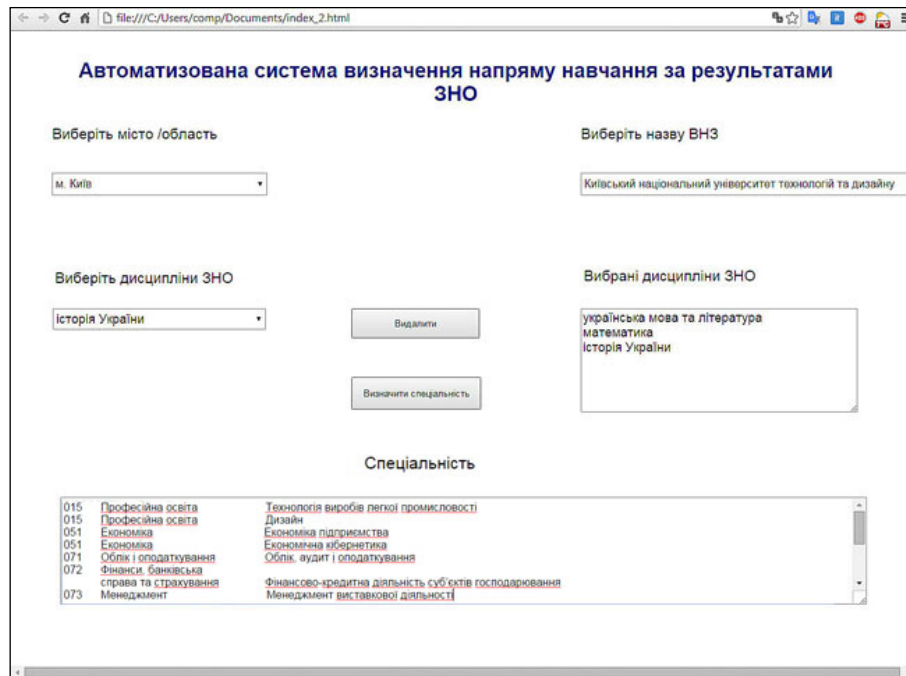


Рис. 3.Перелік спеціальностей відповідно обраним предметам сертифікату ЗНО

Як видно з рис. 3 здавши певну комбінацію іспитів ЗНО абітурієнт має можливість обрати різні спеціальності, так наприклад здавши ЗНО з української мови та літератури, математики і історії абітурієнт може поступати на наступні спеціальності в Київському національному університеті технологій та дизайну:

- 015 Професійна освіта. Дизайн
- 015 Професійна освіта. Технологія виробів легкої промисловості
- 051 Економічна кібернетика. Економіка підприємства
- 073 Менеджмент
- 081 Правознавство
- 122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології
- 123 Комп'ютерна інженерія
- 133 Галузеве машинобудування
- 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
- 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
- 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальні техніка
- 075 Маркетинг
- 072 Фінанси, банківська справа та страхування
- 071 Облік і оподаткування
- 171 Електроніка
- 182 Технології легкої промисловості

Система реалізована з допомогою бази даних MySQL. Клієнтська частина реалізована із застосуванням мови JavaScript.

Інтерес представляє алгоритм визначення спеціальностей навчання на основі даних із списків міст, вищих учбових закладів і переліку зданих іспитів ЗНО.

Після вибору відповідних іспитів зі списку `comboBox1`, зданих абітурієнтом кожної отриманої комбінації привласнюється відповідний бінарний код [6,7]. Наприклад, комбінація зданих дисциплін українська мова, математика та історія України буде представлена бінарним кодом 00001011. Далі цей код за допомогою операцій алгебри логіки тестується на збіг з кодом відповідної спеціальності. Причому дана комбінація у нашому прикладі буде відповідати 16 спеціальностям, перерахованим вище так, як їх коди збігаються з тестованими одиничними бітами бінарного коду. Якщо тестовані коди співпадають, інформація додається в рядок виводу, який в результаті виводиться в елемент `TextArea2` [3,4].

Блок-схема алгоритму, що реалізовує описані вище дії приведена на рис. 4.

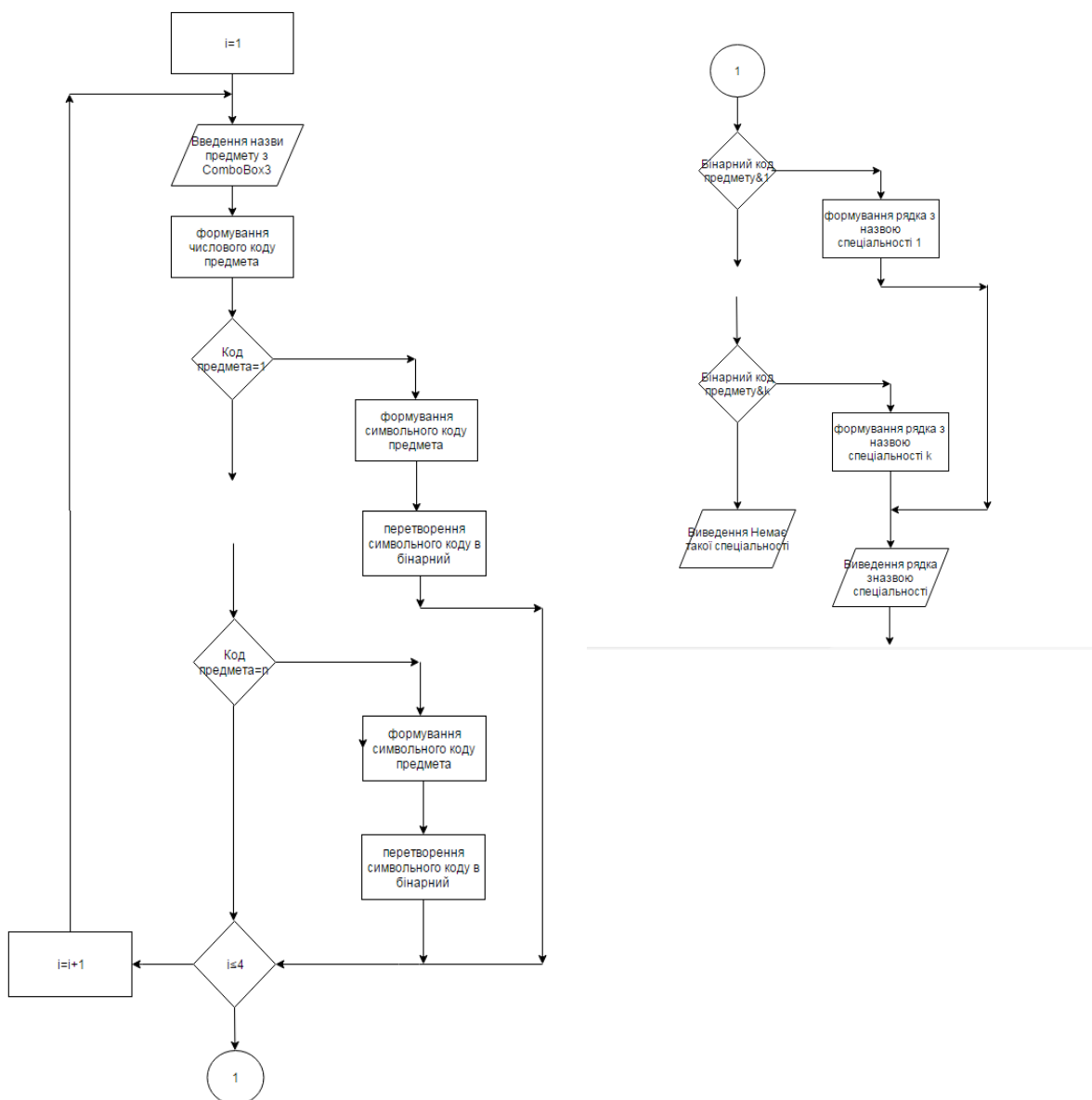


Рис. 4. Блок-схема алгоритму автоматизованої системи визначення спеціальності

Далі слідують фрагменти коду програми, що реалізують цей алгоритм:

```
/** ***** Заповнення ComboBox3 назвами зданих іспитів ЗНО ***** */
<form name="demoForm">
<select name="ComboBox 3" onchange="showData()" id="ComboBox 3" size="1"
style="position : absolute;left :59 px;top :393 px;width :301 px;height :30 px;z -index :0;">
<option value="0">Предмет1</option>
<option value="1"> Предмет2</option>
<option value="2"> Предмет3</option>
<option value="3"> Предмет4</option>
<option value="4"> Предмет5</option>
<option value="5"> Предмет6</option>
<option value="6"> Предмет7</option>
<option value="7"> Предмет8</option>
</select>
/** ***** Функція формування бінарних кодів зданих ЗНО ***** */
function showData()
{
var theSelect = demoForm.ComboBox3;
document.all.ComboBox3.options[theSelect.selectedIndex].disabled = true;
str1=str1+theSelect[theSelect.selectedIndex].text+"\n";
////str2=str2+theSelect.selectedIndex;
switch(theSelect.selectedIndex)
{
case 1:
s2="0000001";
s1=parseInt(s2, 2);
s=s|s1;
break;
case 2:
s2="0000010";
s1=parseInt(s2, 2);
s=s|s1;
break;
case 3:
s2="0000100";
s1=parseInt(s2, 2);
s=s|s1;
break;
case 4:
s2="0001000";
s1=parseInt(s2, 2);
s=s|s1;
break;
```

```
case 5:
s2="0010000";
s1=parseInt(s2, 2);
s=s|s1;
break;
case 6:
s2="0100000";
s1=parseInt(s2, 2);
s=s|s1;
break;
case 7:
s2="1000000";
s1=parseInt(s2, 2);
s=s|s1;
break;
}
document.all.TextBox1.value= str1;
}
/** Функція визначення спеціальностей, на основі сформованих бінарних кодів ***/
function calc_1()
{
    if ((s&3)==3)
    {str2=str2+"Спеціальність 1 \n";
ind=1;}
    if ((s&4)==4)
    {str2=str2+" Спеціальність2 \n ";
ind=1;}
    if ((s&5)==5)
    {str2=str2+" Спеціальність3 \n ";
ind=1;}
    if ((s&65)==65)
    {str2=str2+" Спеціальність4 \n ";
ind=1;}
    if ((s&17)==17)
    {str2=str2+" Спеціальність5 \n ";
ind=1;}
    if ((s&9)==9)
    {str2=str2+" Спеціальність6 \n ";
ind=1;}
    if ((s&33)==33)
    {str2=str2+" Спеціальність7 \n ";
ind=1;}
    if ((s&34)==34)
```

```
{str2=str2+" Спеціальність8 \n ";  
ind=1;}  
if (ind==0)  
str2="Ця комбінація іспитів не відповідає жодному напрямку навчання в нашому  
університеті. \n Перевірте введені дані і повторіть введення!";  
document.all.TextArea2.value= str2;
```

Висновки. Дана автоматизована система визначення спеціальності навчання за результатами ЗНО, дозволить абітурієнту скоротити час на визначення спеціальностей обраного ВНЗ. Система має адаптивний дизайн, та може бути завантажена на різні мобільні пристрої, що дозволить абітурієнту завжди мати інформацію під рукою. Також система має малий час реакції, зменшує навантаження на сервер (оскільки після отримання інформації з бази даних її обробка відбувається на комп'ютері користувача). Тестовий варіант системи був розміщений на порталі, та підтвердив свою працездатність.

Список використаної літератури

1. Агальцов, В.П. Базы данных. В 2-х т. Т. 2. Распределенные и удаленные базы данных: Учебник / В.П. Агальцов. – М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 272с.
2. Баррет Д. JavaScript. Web-профессионалам. – Киев: БХВ – Киев, 2001.
3. Будилов В. JavaScript, XML и объектная модель документа. – СПб.: НиТ, 2001.
4. Вагнер Р. JavaScript. Энциклопедия пользователя (+CD-ROM). – Киев: ДиаСофт, 2001.
5. Вайк А. JavaScript в примерах. – Киев: ДиаСофт, 2000.
6. Вандер Вер Э. JavaScript для "чайников". – Диалектика, 2001.
7. Вейнер П. Языки программирования JAVA и JavaScript. – М: ЛОРИ, 2000.
8. Голицына, О.Л. Базы данных / О.Л. Голицына, Н.В. Максимов, И.И. Попов. – М.: Форум, 2004. – 352 с.
9. Кириллов, В.В. Введение в реляционные базы данных. Введение в реляционные базы данных / В.В. Кириллов, Г.Ю. Громов. – СПб.: БХВ–Петербург, 2012. – 464 с.
10. Советов, Б.Я. Базы данных: теория и практика: Учебник для бакалавров / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский, В.Д. Чертовской. – М.: Юрайт, 2013. – 463 с.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА СПЕЦИАЛЬНОСТИ АБИТУРИЕНТОМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВНО ГОЛУБЕВ Л.П., МАКАТЁРА Д.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка автоматизированной системы определения специальности обучения по результатам ВНО.

Методика. Исследование предполагает необходимость решения таких задач: создание новой бинарной системы кодирования специальностей, разработка алгоритма определения специальности на основе сформированного бинарного кода и операций алгебры логики.

Результат. Разработана концептуальная модель базы данных, содержащая информацию о регионах, ВУЗах и специальностях.

Научная новизна. Разработан новый алгоритм определения специальности обучения с помощью бинарного кода специальности.

Практическая ценность. Результаты исследования заключаются в обеспечении абитуриента возможностью выбора специальности обучения по результатам ВНО.

Ключевые слова: *специальность, автоматизированная система, ВНО, интернет, ВУЗ, алгоритм, Javascript.*

DEVELOPMENT OF CAS OF DETERMINATION OF TEACHING SPECIALITY ON RESULTS OF EIE

GOLUBEV L.P., MAKATORA D.A.

Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. Development of CAS of determination of teaching speciality based on results EIE.

Methods. Gaining end of research supposes the necessity of decision of such tasks: creation of the new binary system of encoding of specialities, development of algorithm of determination of speciality on the basis of the formed binary code and operations of boolean algebra.

Findings. A conceptual model of a database containing information about the regions, higher educational institutions and professions, the algorithm of formation of binary speciality.

Originality. A new algorithm for the formation of binary speciality.

Practical. This automated system for determining a degree of learning the results of EIE allows an applicant to reduce the time to determine the specialization in the chosen university.

Value. Results of the study is to provide the applicant a choice of specialty training as a result of EIE.

Keywords: *specialty, the automated system, the VNO, internet, college, algorithm, Javascript.*

УДК 677.055

МУЗИЧИШИН С.В., ППА Б.Ф.

Київський національний університет технологій та дизайну

**УСТАНОВКА ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ПРИСТРОЮ ЗНИЖЕННЯ
ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ДИНАМІКУ
ПУСКУ КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ**

Мета. Розробка установки для експериментальних досліджень впливу пристрою зниження динамічних навантажень на навантаження, що виникають під час пуску в'язальних машин та автоматів.

Методика. Використані сучасні методи досліджень, що базуються на теорії динамічних процесів в механічних системах та статистичних методах обробки результатів експериментальних досліджень динамічних навантажень.

Результати. На основі аналізу установок для експериментальних досліджень динаміки привода в'язальних машин запропоновано нову конструкцію установки, що дозволяє проводити експериментальні дослідження динамічних навантажень в'язальних машин та автоматів безконтактним методом і, таким чином, забезпечити високу точність результатів вимірювань. Використання в установці сучасної виміральної та реєструючої апаратури забезпечує високу чутливість та точність реєстрації динамічних процесів, що відбуваються в приводах в'язальних машин та автоматів в період перехідних режимів роботи. Запропонована установка може бути використана для динамічних досліджень як в'язального обладнання, так і машин загального призначення.

Наукова новизна. Розроблено метод експериментальних досліджень ефективності використання пристроїв зниження динамічних навантажень в приводах в'язальних машин.

Практична значимість. Розроблено установку для експериментальних досліджень впливу пристроїв зниження динамічних навантажень на динаміку пуску в'язальних машин.

Ключові слова: установка для експериментальних досліджень динаміки в'язальних машин, привід в'язальної машини, динамічні навантаження привода, пристрій зниження динамічних навантажень.

Вступ. Особливістю обладнання легкої промисловості є значні динамічні навантаження, що виникають в період несталих режимів роботи [1-3] і є однією з основних причин зниження надійності та довговічності його роботи. Відомі засоби зниження динамічних навантажень в приводі машин [4] не завжди можуть бути використані в машинах легкої промисловості. При проектуванні в'язальних машин та автоматів слід приділяти увагу зниженню динамічних навантажень в приводі. Вирішення цієї проблеми без використання пристроїв зниження динамічних навантажень (ПЗДН) та методів перевірки ефективності їх роботи неможливе.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи технологічного обладнання легкої промисловості, завданням роботи є розробка установки для експериментальних досліджень впливу ПЗДН на зниження динамічних навантажень в приводі в'язальних машин та автоматів.

Результати дослідження. Для зниження динамічних навантажень в приводі круглов'язальної машини авторами в монографії [3] пропонується використовувати ПЗДН з циліндричною пружиною кручення. Для оцінки ефективності використання такого пристрою в приводі в'язальної машини необхідна його експериментальна перевірка. З цією метою

авторами розроблена спеціальна установка та вибрана сучасна апаратура для проведення експериментальних досліджень.

В якості експериментальної установки була використана круглов'язальна машина МС-5, встановлена у науково-виробничій лабораторії Київського національного університету технологій та дизайну.

Для проведення експериментальних досліджень привід круглов'язальної машини був модернізований – додатково обладнаний ПЗДН з циліндричною пружиною кручення [5], запропонований авторами (рис. 1). Обладнання приводу круглов'язальної машини ПЗДН дозволяє здійснювати пуск машини при попередньо напружених в'язях привода та обмеженому пусковому моменту електродвигуна, що позитивно впливає на зниження динамічних навантажень [2, 3].

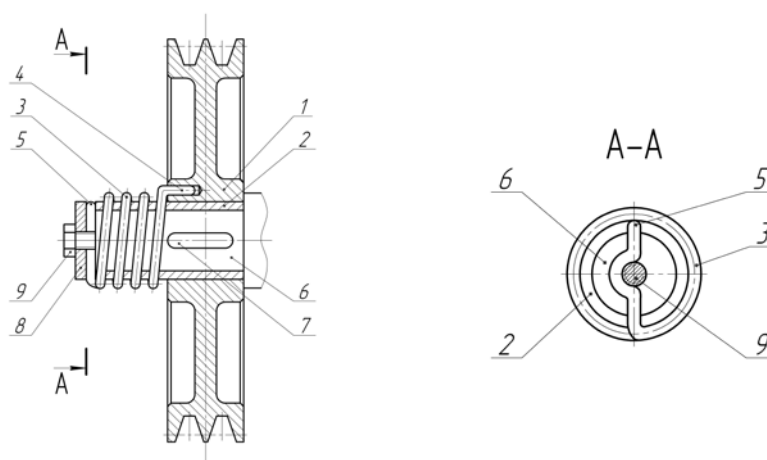


Рис. 1. Схема пристрою зниження динамічних навантажень

ПЗДН містить півмуфту 1, виконану у вигляді шківа клинопасової передачі, півмуфту 2, виконану у вигляді втулки, циліндричну пружину кручення 3, кінець 4 якої з'єднаний з півмуфтою 1, а другий кінець 5 з'єднаний з півмуфтою 2. ПЗДН півмуфтою 2 встановлюється на вал 6 і закріплюється на ньому за допомогою шпонки 7. Обмеження осьового переміщення ПЗДН забезпечують шайба 8 та гвинт 9.

ПЗДН працює таким чином. Обертальний рух від валу 6 за допомогою жорстко закріпленої на ньому півмуфти 2 та циліндричної пружини кручення 3 передається півмуфті 1, встановленої з можливістю повороту відносно півмуфти 2. При динамічних навантаженнях привода ПЗДН дозволяє зменшити пікові його навантаження за рахунок пружної деформації циліндричної пружини кручення 3. При зміні режиму роботи машини, зумовленого як швидкісними, так і силовими параметрами, необхідна зміна жорсткості ПЗДН досягається заміною циліндричної пружини кручення 3 на іншу циліндричну пружину кручення з необхідною для даного режиму роботи жорсткістю.

Основні параметри запропонованого ПЗДН визначаються згідно з методикою, запропованою авторами в роботі [5].

При проведенні експерименту, з метою оцінки працездатності ПЗДН та впливу жорсткості пружини на ефективність зниження динамічних навантажень було виготовлено три пружини, діаметр дроту яких становив 3,5, 4,5 та 6,0 мм відповідно.

Вимір динамічних навантажень, що виникають в приводі круглов'язальної машини, виконується за допомогою пристрою (рис. 2), що містить натяжний ролик, встановлений з можливістю взаємодії з ведучою віткою пасової передачі привода. Пристрій забезпечує одержання результатів вимірів динамічних навантажень без використання рухомих контактів в зоні взаємодії тензодатчиків з вимірювальною апаратурою, що дає можливість підвищити точність вимірів.

Вимірювання досліджуваних параметрів проводилось за допомогою перетворюючої та реєструючої апаратури (рис. 3, 4).

В якості перетворювачів деформації в електричний сигнал, використовувались дротяні тензодатчики 2 (рис. 3) з базою 20 мм КФ 5 ПІ-20-200А, підключені до мостової вимірювальної схеми 3, що забезпечує максимальну чутливість та лінійність вихідних параметрів. Сигнал з датчиків 2 поступає на вимірювальну плату WAD-AIK-BUS 4 через екранований дрiт, що значно знижує рівень перешкод, де сигнал підсилюється, перетворюється в цифрову форму та через USB інтерфейс надходить на обчислювальну мережу (персональний комп'ютер) 5, де відбувається збір показань датчиків та остаточна обробка отриманих значень. Вимірювальна плата WAD-AIK-BUS 4 підключена до джерела живлення 1.

У зв'язку з тим, що перехідні опори в струмоз'ємниках з ковзним контактом у ряді випадків вносять істотну погрішність до результатів вимірювань, при проведенні експериментальних досліджень був, як уже відмічалось раніше, обраний безконтактний метод зв'язку тензодатчиків з вимірювальною апаратурою (рис. 2).

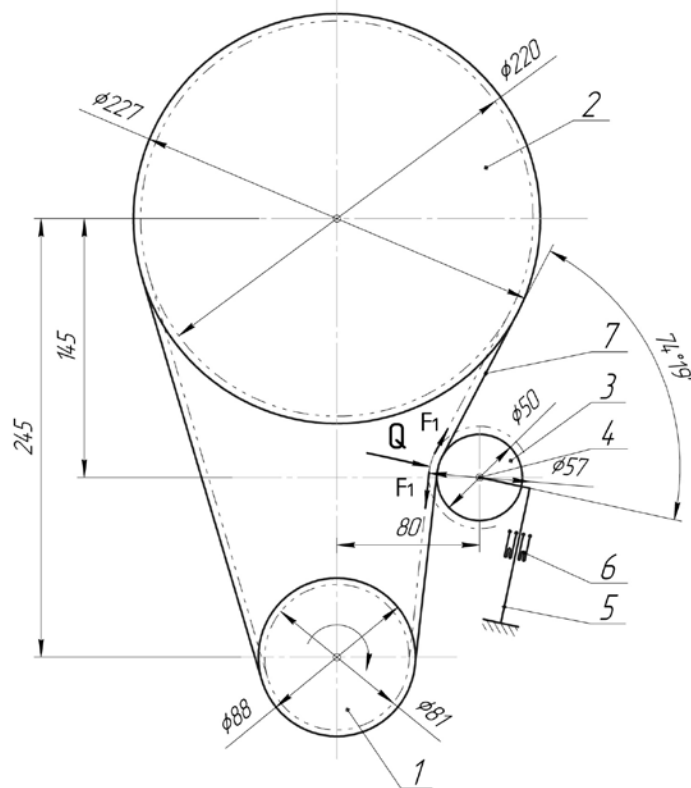


Рис. 2. Схема пристрою для виміру динамічних навантажень в приводі круглов'язальної машини та взаємодія його з пасовою передачею: 1, 2 – ведучий та ведений шків пасової передачі; 3 – натяжний ролик; 4 – вісь; 5 – важіль; 6 – тензодатчики; 7 – клиновий пас

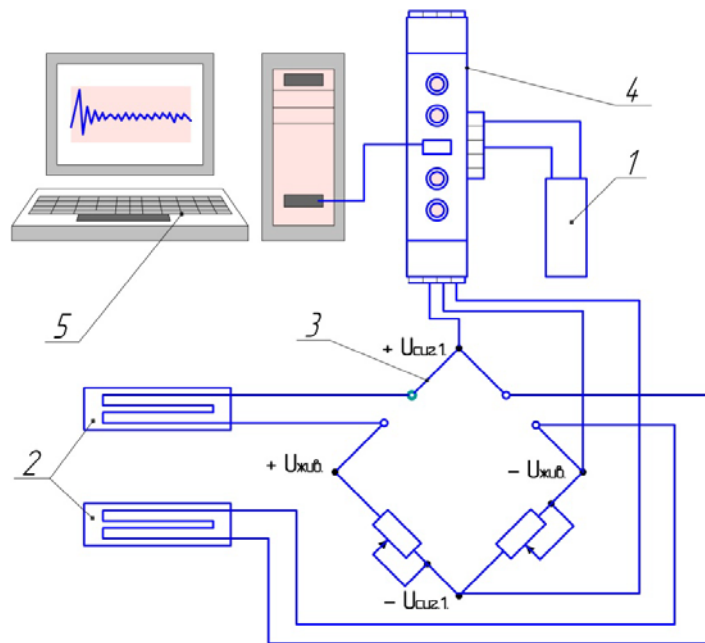


Рис. 3. Схема вимірювальної та реєструючої апаратури експериментальної установки

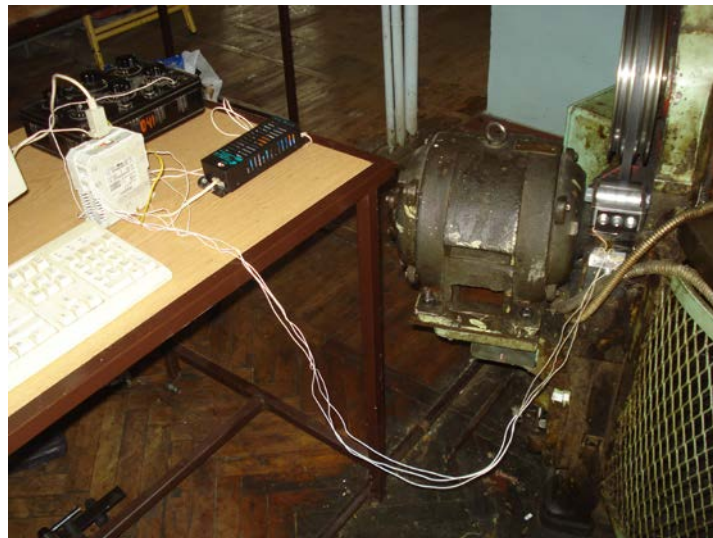


Рис. 4. Підключення вимірювальної та реєструючої апаратури до експериментальної установки

Для запобігання похибок реєстрації динамічних навантажень, необхідно виконати умову [6]:

$$\lambda = f / f_0 \leq 0,1 \quad (1)$$

де λ - співвідношення частот процесу (динамічне навантаження), що реєструється, і власної частоти коливання вимірювального елемента (важеля);

f - частота зміни максимуму динамічного навантаження, $f = \frac{\omega}{2\pi}$; (2)

f_0 - власна частота коливання вимірювального елемента (важеля).

Зважаючи на конструктивні особливості пристрою (рис. 2), власна частота коливань важеля з тензодатчиками може бути визначена із рівняння [7]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EJ}{m_n l^3}}, \quad (3)$$

де E - модуль пружності матеріалу важеля;

$$J - \text{момент інерції поперечного перерізу важеля}, \quad J = \frac{ab^3}{12}; \quad (4)$$

a , b - ширина та товщина поперечного перерізу важеля;

m_n - приведена маса важеля з натяжним роликком,

$$m_n = \frac{33}{140} \cdot \frac{Q_p}{g} = 0,024Q_p; \quad (5)$$

Q_p - вага робочої частини важеля з натяжним роликком;

l - робоча довжина важеля.

Враховуючи, що $\omega = 148,7 \text{ c}^{-1}$, із (2) знаходимо:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{148,7}{2\pi} = 23,67 \text{ c}^{-1}.$$

Враховуючи параметри важеля $a = 55 \text{ мм}$; $b = 5 \text{ мм}$; $l = 85 \text{ мм}$; $Q_p = 13,2 \text{ Н}$;

$E = 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, із рівнянь (3) - (5), знаходимо:

$$J = \frac{ab^3}{12} = \frac{55 \cdot 5^3}{12} = 572,9 \text{ мм}^4; \quad m_n = 0,024Q_p = 0,024 \cdot 13,2 = 0,317 \text{ кг};$$

$$J_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3 \cdot 2,15 \cdot 10^5 \cdot 572,9 \cdot 10^3}{0,317 \cdot 85^3}} = 219,27 \text{ c}^{-1}.$$

Підставляючи отримані результати в (1), маємо:

$$\lambda = \frac{f}{f_0} = \frac{23,67}{219,27} = 0,108,$$

що практично задовольняє умову (1) та підтверджує працездатність прийнятої конструкції вимірювального елемента (важеля).

Висновки. В результаті виконаних досліджень встановлено, що запропоновані експериментальна установка та метод експериментальних досліджень дозволяють провести об'єктивну оцінку ефективності використання пристрою зниження динамічних навантажень в приводі будь якого типу в'язальної машини чи автомату.

Список використаної літератури

1. Хомяк О.Н., Піпа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 208 с.
2. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Павленко Г.І. Динаміка круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.
3. Піпа Б.Ф., Чабан О.В., Музичишин С.В. Приводи в'язальних машин і автоматів з пристроями зниження динамічних навантажень (наукові основи і інженерні методи

проекування). – К.: КНУТД, 2015. – 280 с.

4. Поляков В.С., Барабаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1979. – 351 с.

5. Піпа Б.Ф., Рубанка М.М., Музичишин С.В. Аналіз доцільності використання пристрою з пружиною кручення для зниження динамічних навантажень в приводі технологічного обладнання та вибір його параметрів //Вісник КНУТД. -2014. - № 3 (77).- С.209-214.

6. Коритыский Я.И. Колебания в текстильных машинах.– М.: Машиностроение, 1973, 320 с.

7. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с.

УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ УСТРОЙСТВА СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ДИНАМИКУ ПУСКА КРУГЛОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ

МУЗЫЧИШИН С.В., ПИПА Б.Ф.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка установки для экспериментальных исследований влияния устройства снижения динамических нагрузок на нагрузки, возникающие при пуске вязальных машин и автоматов.

Методика. Используются современные методы исследований, основанные на теории динамических процессов в механических системах и статистических методах обработки результатов экспериментальных исследований динамических нагрузок.

Результаты. На основе анализа установок для экспериментальных исследований динамики привода вязальных машин предложена новая конструкция установки, позволяющая проводить экспериментальные исследования динамических нагрузок вязальных машин и автоматов бесконтактным методом и, таким образом, обеспечить высокую точность результатов измерений. Использование в установке современной измерительной и регистрирующей аппаратуры обеспечивает высокую чувствительность и точность регистрации динамических процессов, происходящих в приводах вязальных машин и автоматов в период переходных режимов работы. Предложенная установка может быть использована для динамических исследований как вязального оборудования, так и машин общего назначения.

Научная новизна. Разработан метод экспериментальных исследований эффективности использования устройств снижения динамических нагрузок в приводах вязальных машин.

Практическая значимость. Разработана установка для экспериментальных исследований влияния устройств снижения динамических нагрузок на динамику пуска вязальных машин.

Ключевые слова: установка для экспериментальных исследований динамики вязальных машин, привод вязальной машины, динамические нагрузки привода, устройство снижения динамических нагрузок.

**INSTALLATION FOR EXPERIMENTAL STUDY OF REDUCING DEVICES
DYNAMIC LOADS ON A CIRCULAR KNITTING MACHINE START DYNAMICS
MUZYCHISHIN S.V., PIPA B.F.**

Kyiv national university of technologies and design

Aim. Developing systems for experimental studies of the effect of reducing the unit of dynamic loads on the stress caused at the start of knitting machines and machines.

Methodology. The use of modern methods of research based on the theory of dynamic processes in mechanical systems and statistical methods of processing the results of experimental studies of dynamic loads.

Results. Based on the analysis of experimental systems for studying the dynamics of the drive knitting machines offered a new plant design, allowing to carry out experimental studies of dynamic loads knitting machines and automatic non-contact method, and thus, to provide high accuracy measurements. Using the installation of modern measuring and recording equipment provides high sensitivity and accuracy of the registration of dynamic processes that occur in drives knitting machines and machines during the transition modes. The proposed installation can be used for dynamic studies as a knitting equipment, and general-purpose machinery.

Scientific novelty. The method of experimental research efficiency devices reduce dynamic loads in drives knitting machines.

Practical meaningfulness. Developed systems for experimental studies of the impact devices reduce dynamic loads on the dynamics start knitting machines.

Keywords: *plant for experimental studies of the dynamics of knitting machines, knitting machine drive, dynamic load drive device reducing dynamic loads.*

УДК 534.08

ЛІСОВЕЦЬ С.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

АНАЛІЗ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ МЕТОДОМ FDTD ЧЕРЕЗ МЕЖУ ПОДІЛУ ДВОХ СЕРЕДОВИЩ

Мета. Визначити шляхом чисельного моделювання, яким чином впливає неоднорідність матеріалів і виробів на параметри акустичної хвилі.

Методика. Полягає у застосуванні метода *Finite-Difference Time-Domain (FDTD)*, в якому по черзі обчислюються значення механічної напруги і коливальної швидкості в середовищі.

Результати. Виконано чисельне моделювання розповсюдження акустичної хвилі через межу поділу двох середовищ та виконано порівняння результатів моделювання із аналітичним розв'язком: таким чином, оцінено необхідні для моделювання обчислювальні ресурси та виникаючі при моделюванні похибки.

Наукова новизна. Результати моделювання дозволяють в подальшому застосувати метод *FDTD* для аналізу розповсюдження акустичних хвиль, в тому числі і скінченної амплітуди, через середовище із багатьма дефектами (тріщини, розшарування, зони корозії і так далі), тобто по суті через межі поділу багатьох середовищ (дефектів) з різними механічними та акустичними властивостями.

Практична значимість. Врахування результатів проведеного аналізу дозволяє створювати прилади акустичного контролю матеріалів і виробів, які мають більшу вірогідність контролю.

Ключові слова: акустична дефектоскопія, тензор механічних напруг, вектор коливальної швидкості, неруйнівний контроль, суцільне середовище.

Вступ. Для неруйнівного контролю різних промислових матеріалів і виробів часто застосовується акустична (або ультразвукова) дефектоскопія, як складова частина різних за принципами роботи методів дефектоскопії. Акустична дефектоскопія застосовується для виявлення порушень суцільності або однорідності структури матеріалів і виробів, визначення їх механічних властивостей, знаходження відхилень в хімічному складі та інше. Акустична дефектоскопія базується на проникаючій властивості акустичних хвиль, на параметри яких впливають як поверхневі, так і глибинні дефекти матеріалів і виробів, такі як тріщини, розшарування, зони корозії і так далі.

Аналітичний опис розповсюдження акустичних хвиль через такі об'єкти контролю є досить складною задачею. Якщо ж об'єкт контролю має складну внутрішню будову, наприклад, криволінійні контактуючі поверхні, то аналітично поставлена задача практично не розв'язується. Крім того, при збільшенні інтенсивності акустичних хвиль починають проявлятися нелінійні акустичні ефекти, що ще більше ускладнює задачу аналізу взаємодії акустичних хвиль з об'єктом контролю.

Постановка завдання. Необхідно виконати чисельне моделювання розповсюдження акустичних хвиль через межу поділу двох середовищ і порівняти його із відомим аналітичним розв'язком. Таким чином, можна буде оцінити точність процесу моделювання. Одним з варіантів розв'язання вказаної проблеми полягає в застосуванні методу скінчених різниць в часовій області [1, 2]. Інша назва цього методу – *Finite-Difference Time-Domain*

(FDTD). Суть методу FDTD полягає в тому, що застосовується двошарова схема обчислень, в яку входять, в загальному випадку, тензор механічних напруг і вектор коливальної швидкості. Так як моделювання розповсюдження акустичних хвиль в трьохвимірному просторі є досить ресурсоємною задачею, то будемо розглядати випадок одновимірного розповсюдження поздовжньої акустичної хвилі. Тому також робиться припущення, що ефект розходження акустичного пучка відсутній, або ним можна нехтувати.

Результати дослідження. Зазвичай задається просторова координатна сітка з рівномірним кроком Δx по осі координат x і загальною кількістю кроків n : початок координатної сітки ($x_0 = 0$) при $i = 0$ відповідає точці випромінення акустичної хвилі (початок середовища), кінець координатної сітки ($x_n = \Delta x \cdot n$) при $i = n$ відповідає точці кінця середовища (вільна межа). Загальні рекомендації щодо вибору значення кроку Δx наведені в [1]. У вузлах x_i (при $i = 0 \dots n$) цієї сітки розраховуються значення механічної напруги в середовищі, а між вузлами в точках $x_{i+1/2}$ (при $i = 0 \dots n-1$) розраховуються значення коливальної швидкості середовища. Є бажаним, щоб межі поділу двох середовищ співпадали з якимось з вузлів сітки x_i , так як таким чином мінімізуються похибки обчислень. Також задається часова координатна сітка з рівномірним кроком Δt по осі часу t і загальною кількістю кроків m : початок координатної сітки ($t^0 = 0$) при $j = 0$ відповідає точці початку розрахунків, кінець координатної сітки ($t^m = \Delta t \cdot m$) при $j = m$ відповідає точці кінця розрахунків. Загальні рекомендації щодо вибору значення кроку Δt також наведені в [1]. У вузлах t^j (при $j = 0 \dots m$) цієї сітки розраховуються значення механічної напруги в середовищі, а між вузлами в точках $t^{j+1/2}$ (при $j = 0 \dots m-1$) розраховуються значення коливальної швидкості середовища. Таким чином, в одному шарі розраховуються значення σ_i^j , а в іншому шарі значення $v_{i+1/2}^{j+1/2}$. Графічна інтерпретація методу FDTD показана на рис. 1. Розрахунки зручно починати із задання початкових значень σ_i^0 (при $i = 0 \dots n$), тоді розрахувати $v_{i+1/2}^{1/2}$ (при $i = 0 \dots n-1$), після чого розрахувати σ_i^1 (при $i = 0 \dots n$) і так далі.

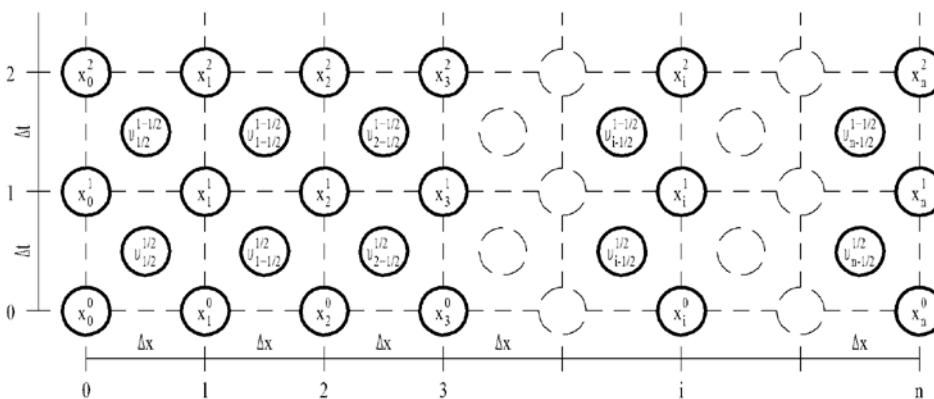


Рис. 1. Графічна інтерпретація акустичного методу FDTD

Розглянемо спочатку другий закон Ньютона для суцільного середовища (тобто

середовища без розривів). Він має вигляд

$$\rho \frac{dv}{dt} = \frac{d\sigma}{dx} + F, \quad (1)$$

де ρ – щільність середовища, яка виражається в $\text{кг}/\text{м}^3$;

v – коливальна швидкість середовища, яка виражається в $\text{м}/\text{с}$;

σ – механічна напруга в середовищі, яка виражається в $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$;

F – стороння сила, що впливає на середовище, яка виражається в $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$;

x – координата, яка виражається в м ;

t – час, який виражається в с .

В якості сторонньої сили F може виступати акустичний імпульс або пакет акустичних коливань, який випромінюється в середовище за допомогою магнітострикційного або п'єзокерамічного перетворювачів. Замінімо в рівнянні (1) диференціали відповідних параметрів їх приростами. Відповідно, отримаємо:

$$\rho \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta \sigma}{\Delta x} + F. \quad (2)$$

Звідси, після виконання нескладних перетворень, можна отримати зміну Δv коливальної швидкості середовища в наступному вигляді:

$$\Delta v = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\Delta \sigma}{\Delta x} + F \right) \Delta t. \quad (3)$$

Таким чином, нове значення коливальної швидкості можна отримати в загальному випадку за формулою

$$v_{i+1/2}^{j+1+1/2} = v_{i+1/2}^{j+1/2} + \Delta v, \quad (4)$$

де добавка Δv кожного разу розраховується за формулою (3). Тепер розглянемо модель Кельвіна-Фойгта в'язкопружного середовища. Вона має наступний вигляд:

$$\sigma = C\varepsilon + \eta \frac{d\varepsilon}{dt}, \quad (5)$$

де C – компонент тензора пружності, який виражається в $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$;

η – компонент тензора динамічної в'язкості, який виражається в $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$;

ε – компонент тензора деформації, величина безрозмірна.

Компонент ε тензора деформації можна представити в вигляді

$$\varepsilon = \frac{du}{dx}, \quad (6)$$

де u – вектор, що описує зсув точок суцільного середовища, який виражається в м .

Таким чином, підставляючи залежність (6) в залежність (5), можна отримати:

$$\sigma = C \frac{du}{dx} + \eta \frac{d^2 u}{dx dt}. \quad (7)$$

Виконаємо диференціювання виразу (7) по часу. Звідси отримаємо вираз:

$$\frac{d\sigma}{dt} = C \frac{d^2 u}{dx dt} + \eta \frac{d^3 u}{dx dt^2}. \quad (8)$$

Тепер необхідно згадати, що

$$\frac{du}{dt} = v. \quad (9)$$

Тобто зсув u точок суцільного середовища за певний проміжок часу представляє

собою коливальну швидкість v точок цього середовища. Таким чином, підставивши залежність (9) в залежність (8), можна отримати наступне:

$$\frac{d\sigma}{dt} = C \frac{dv}{dx} + \eta \frac{d^2v}{dxdt}. \quad (10)$$

Замінімо в рівнянні (10) диференціали відповідних параметрів їх приростами. Відповідно, отримуємо:

$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta t} = C \frac{\Delta v}{\Delta x} + \eta \frac{\Delta v \Delta v}{\Delta x \Delta t}. \quad (11)$$

Звідси, після виконання нескладних перетворень, можна отримати зміну $\Delta\sigma$ механічної напруги в середовищі в наступному вигляді:

$$\Delta\sigma = C \frac{\Delta v}{\Delta x} \Delta t + \eta \frac{\Delta v \Delta v}{\Delta x \Delta t} \Delta t. \quad (12)$$

Таким чином, нове значення механічної напруги можна отримати в загальному випадку за формулою

$$\sigma_i^{j+1} = \sigma_i^j + \Delta\sigma, \quad (13)$$

де добувка $\Delta\sigma$ кожного разу розраховується за формулою (12).

Моделювання виконувалося на загальній довжині середовища, яка дорівнювала 1 м. Середовище ділилося на дві частини, одна з яких представляла собою рідину (воду) довжиною 0,5 м, а інша – латунь марки Л63 ГОСТ 15527-2004 довжиною також 0,5 м. Було прийнято, що в перше середовище (рідину) випромінюється пакет з 10 повних гармонійних акустичних коливань на частоті 1 МГц. Щільність ρ_B води та щільність ρ_L латуні Л63 були прийняті такими, що дорівнюють відповідно 1000 кг/м^3 та 8800 кг/м^3 , пружність C_B води та пружність C_L латуні Л63 – відповідно $2,1 \cdot 10^9 \text{ кг/(м} \cdot \text{с}^2)$ та $105 \cdot 10^9 \text{ кг/(м} \cdot \text{с}^2)$. Динамічна в'язкість η_B води була прийнята такою, що дорівнює $0,01 \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}$.

Динамічна в'язкість η_L латуні Л63 визначалася наступним чином. Згідно з даними [5, С. 156] для всіх латуней в діапазоні частот до 10^7 Гц відношення коефіцієнта α_L загасання по амплітуді до частоти f гармонійних коливань має значення приблизно $70 \cdot 10^{-7} \text{ с/м}$. Тобто при частоті f акустичної хвилі, яка має значення 1 МГц, коефіцієнт α_L загасання по амплітуді має значення приблизно

$$\alpha_L = 70 \cdot 10^{-7} \frac{\text{с}}{\text{м}} \cdot f = 70 \cdot 10^{-7} \frac{\text{с}}{\text{м}} \cdot 10^6 \text{ Гц} = 7 \text{ м}^{-1}. \quad (14)$$

Згідно з рекомендаціями [2], динамічна в'язкість латуні Л63 визначається за наступною приблизною формулою:

$$\eta_L \approx \frac{2\alpha_L \rho_L v_L^3}{(2\pi f)^2} = \frac{2 \cdot 7 \text{ м}^{-1} \cdot 8800 \text{ кг/м}^3 \cdot (4430 \text{ м/с})^3}{(2 \cdot 3,1416 \cdot 10^6 \text{ Гц})^2} \approx 270 \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}, \quad (15)$$

де v_L – швидкість поздовжніх хвиль в латуні Л63, $v_L \approx 4430 \text{ м/с}$.

Також було прийнято, що амплітуда деформації ε на вході в перше середовище досягає значення 10^{-7} . Таким чином, амплітуда σ механічної напруги на вході в перше середовище повинна досягати значення

$$\sigma = 10^{-7} \cdot 2,1 \cdot 10^9 \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} = 210 \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}. \quad (16)$$

Довжина λ_B хвилі у воді на частоті 1 МГц становить приблизно $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, а

довжина λ_L хвилі у латуні – приблизно $4,5 \cdot 10^{-3}$ м. Тому для забезпечення стійкості розв’язку крок Δx визначався (з 2...3 кратним запасом) згідно з формулою [1]:

$$\Delta x = 10^{-5} \text{ м} \leq \frac{\min\{\lambda_B, \lambda_L\}}{40} = \frac{\min\{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}, 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}\}}{40}, \quad (17)$$

а крок Δt визначався (також з 2...3 кратним запасом) згідно з формулою [1]:

$$\Delta t = 0,5 \cdot 10^{-9} \text{ с} \leq \frac{\Delta x}{2 \max\{v_B, v_L\}} = \frac{10^{-5} \text{ м}}{2 \max\{1500 \text{ м/с}, 4430 \text{ м/с}\}}, \quad (18)$$

де v_B – швидкість поздовжніх хвиль у воді, $v_B \approx 1500$ м/с.

Для того, щоб виконати необхідні обчислення, було написано програмне забезпечення на мові програмування C# в пакеті Visual Studio 2012.

В результаті проведення досліджень було встановлено, що наявність в матеріалі дефектів в вигляді тріщин, розшарувань або зон корозії (які з точки зору акустики представляють собою середовища з різними значеннями щільностей, модулів пружності і модулів динамічної в’язкості, причому кожний тип дефекту характеризується своїм набором параметрів) дуже суттєво впливає на параметри акустичні хвилі, змінюючи насамперед її швидкість розповсюдження та коефіцієнт загасання. Інформація про це дозволяє покращити насамперед такі показники неруйнівного контролю, як роздільна здатність та селективність (тобто можливість виявлення дефектів тільки певного типу).

Висновки. Результати чисельного моделювання розповсюдження акустичних хвиль методом FDTD через межу поділу двох середовищ показали, що чисельний розв’язок при малих значеннях кроків Δx і Δt забезпечує відхилення від аналітичного розв’язку не більше, ніж на (1...5)%. Але моделювання також показало наступне: застосування малих кроків Δx і Δt приводить до досить значних часових витрат і накопичення похибок округлення, тому необхідно для розрахунку Δv і $\Delta \sigma$ застосовувати апроксимацію по кількох вузлах просторової і часової сіток; отримана ефективність методу FDTD дозволяє також застосовувати його для моделювання розповсюдження акустичних хвиль через середовища з дефектами кількох різних типів (наприклад, кілька різних за параметрами тріщин і зон корозії); необхідно враховувати структурну нелінійність акустичного середовища, наприклад, шляхом додавання до моделі Кельвіна-Фойгта (5) квадратичної або кубічної гістерезисної нелінійності тертя або відриву в вигляді функції $f\left(\varepsilon, \frac{d\varepsilon}{dt}, \text{sign}(\varepsilon), \text{sign}\left(\frac{d\varepsilon}{dt}\right)\right)$. Врахування інформації про взаємодію акустичної хвилі в дефектами певного типу дозволяє підвищити роздільну здатність та селективність неруйнівного контролю.

Список використаної літератури

1. Бархатов В.А. Решение динамических задач акустики методом конечных разностей во временной области. Основные соотношения. Анализ погрешностей // Дефектоскопия. – 2005. – № 3. – С. 12–26.
2. Бархатов В.А. Решение волновых уравнений методом конечных разностей во временной области. Двумерная задача. Основные соотношения // Дефектоскопия. – № 9. – 2007. – С. 54–70.
3. Шамаев А.С. Прохождение плоской звуковой волны через слоистый композит с компонентами из упругого и вязкоупругого материалов / А.С. Шамаев, В.В. Шумилова // Акустический журнал. – 2015. – Т. 61. – № 1. – С. 10–20.

4. Коробов А.И. Влияние давления на нелинейное отражение упругих волн от границы двух твёрдых сред / А.И. Коробов, Н.В. Ширгина, А.И. Кокшайский. // Акустический журнал. – 2015. – Т. 61. – № 2. – С. 182–190.

5. Физические величины: Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под. ред И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН МЕТОДОМ FDTD ЧЕРЕЗ ГРАНИЦУ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД ЛИСОВЕЦ С.Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Определить путём численного моделирования, каким образом влияет неоднородность материалов и изделий на параметры акустической волны.

Методика. Состоит в применении метода Finite-Difference Time-Domain (FDTD), в котором по очереди вычисляются значения механического напряжения и колебательной скорости в среде.

Результаты. Выполнено численное моделирование распространения акустической волны через границу раздела двух сред и выполнено сравнение результатов моделирования с аналитическим решением: таким образом, оценены необходимые для моделирования вычислительные ресурсы и возникающие при моделировании ошибки.

Научная новизна. Результаты моделирования позволяют в дальнейшем применять метод FDTD для анализа распространения акустических волн, в том числе и конечной амплитуды, через среду с множеством дефектов (трещины, расслоения, зоны коррозии и так далее), то есть по сути через границы раздела многих сред (дефектов) с разными механическими и акустическими свойствами.

Практическая значимость. Учёт результатов проведённого анализа позволяет создавать приборы акустического контроля материалов и изделий, которые имеют большую достоверность контроля.

Ключевые слова: акустическая дефектоскопия, тензор механических напряжений, вектор колебательной скорости, неразрушающий контроль, сплошная среда.

ANALYSIS OF PROPAGATION OF ACOUSTIC WAVES BY FDTD METHOD THROUGH THE INTERFACE BETWEEN TWO MEDIA LISOVETS S.N.

Kyiv national university of technologies and design

Purpose. To define by a numerical simulation, how heterogeneity of materials and wares influences on the parameters of acoustic wave.

Methodology. Consists of application of method of Finite-difference Time-domain (FDTD), at which in turn the values of mechanical tension and swaying speed calculate in an environment.

Findings. The numerical simulation of distribution of acoustic wave is executed through the border of section of two environments and comparing of design results is executed to the analytical decision: thus, necessary for a simulation calculable resources and arising up at a design errors are appraised.

Originality. Simulation results allow in future to apply the method of FDTD for the analysis of distribution of acoustic waves, including eventual amplitude, through an environment with by a great number defects (cracks, stratifications, areas of corrosion et cetera), that in fact through the scopes of section of many environments (defects) with different mechanical and acoustic properties.

Practical value. The account of results of the conducted analysis allows to create the devices of acoustic control of materials and wares which have large authenticity of control.

Keywords: acoustical nondestructive testing, tensor of mechanical tensions, vector of swaying speed, non-destructive control, continuous environment.

УДК 687.053

СУПРУН Н.П., БРИЧКА С.Я.

Київський національний університет технологій та дизайну

ФОРМУВАННЯ НАНОРОЗМІРНИХ ЧАСТИНОК СРІБЛА В НЕТКАНИХ ПОЛОТНАХ ДЛЯ РАНОВИХ ПОКРИТТІВ НА БАЗІ ШОВКОВИХ ВОЛОКОН

Мета. Визначити умови та особливості формування наночастинок срібла в нетканих полотнах для ранових покриттів на базі шовкових волокон при їх екобезпечній обробці водними розчинами нітрату срібла.

Методика. Застосовані сучасні методи фізико-хімічного аналізу для дослідження структури наномодифікованих шовкових волокон.

Результати. З використанням методів енергодисперсійного спектроскопічного хімічного аналізу, ДСК-ТГ спектроскопії, ультрафіолетової спектрофотометрії та інфрачервоної спектроскопії проведено дослідження структури і поверхневих змін в волокнах шовку, оброблених нанопрепаратами срібла.

Наукова новизна. За екобезпечною методикою проведено обробку наносріблом шовкових волокон і визначено структуру отриманих матеріалів

Практична значимість. Отримано срібловмісний шовковий волокнистий нетканий матеріал для використання в якості бактерицидної текстильної основи для ранових покриттів.

Ключові слова: ранове покриття, шовкові волокна, наночастишки срібла

Неткані волокнисті матеріали на базі натуральної сировини зараз в світі широко використовуються у виробництві основ для медичних пов'язок і пластирів [1]. Питання надання їм антибактеріальних властивостей екобезпечним способом є актуальною задачею. Срібло здавна використовувалося для біомедичних застосувань та інших процесів екологічної дезінфекції. Активне використання наноконструкцій срібла для просочення текстилю обумовлено значними і незаперечними перевагами перед усіма існуючими антимікробними засобами, оскільки сполуки срібла, які відрізняються широким спектром антимікробної активності, багато в чому позбавлені недоліків, пов'язаних з проблемою резистентності до них патогенних мікроорганізмів [2].

Завдяки перевагам нанотехнологій наступив новий етап широкого використання срібла як бактерицидного агента нового покоління для медичних і санітарно-гігієнічних цілей [3,4]. Наночастки срібла характеризуються великою питомою площею поверхні, що збільшує область контакту з бактеріями і дозволяє в сотні разів знизити дозу срібла із збереженням його бактерицидних властивостей. Показано [5], що найбільш ефективними для знищення хвороботворних мікроорганізмів є частки срібла розміром 9 - 15 нм. Незважаючи на застереження, які висловлюються рядом вчених щодо можливих непередбачуваних негативних наслідків для людини підвищеної проникності наночастинок металів і їх здатності накопичуватися в організмі [6,7], розробки в галузі надання матеріалам бактерицидних властивостей з використанням наносрібла, особливо в галузі медичного текстилю [8,9], ведуться в усьому світі дуже інтенсивно.

Постановка завдання. Неткані полотна вважаються перспективними матеріалами в якості носіїв антимікробних та лікарських речовин в ранових покриттях нового покоління.

Вони легкі і зручні в експлуатації, приємні і м'які на дотик, характеризуються невисокою вартістю, мають хорошу поглинаючу здатність, що дозволяє полегшити процес їх обробки лікарськими препаратами, забезпечити легкість проходження і утримування поту - і ранових відділень. На наш погляд, особливими властивостями завдяки своїй хімічній природі в цьому плані відрізняються волокна натурального шовку, які були використані в даному дослідженні для отримання нетканого матеріалу з подальшим просоченням розчином наносрібла.

Для отримання в розчинах дисперсних наночастинок заданої розмірності з необхідною стійкістю до впливу зовнішніх факторів запропоновано багато фізичних, хімічних, біохімічних і змішаних методів [10]. Одним із доступних є метод відновлення іонів срібла із розчинів його солей з використанням відновників для інтенсифікації процесу. Для отримання срібловмісного нетканого матеріалу на базі шовкових волокон нами було використано екобезпечний процес відновлення срібла з водного розчину нітрату срібла у присутності поверхнево-активної речовини з використанням глюкози в якості відновника [11]. Полімерною основою природного шовкового волокна є поліпептид фіброїн, який на ~30% складається з гідрофобних амінокислотних залишків, що перешкоджає утворенню на його поверхні великих агломератів срібла. При контакті з водним розчином нітрату срібла на електронодонорних центрах фіброїну - атомах з неподіленими електронними парами азоту груп NH, кисню груп C=O - катіони срібла Ag⁺ міцно утримуються за рахунок електростатичних сил. Частина іонів срібла дифундує всередину впорядкованої структури фіброїну і закріплюється в ній у вигляді наночастинок після відновлення. Відомо, що на процес утворення наночастинок в таких умовах впливає багато факторів: природа відновника, початкова концентрація компонентів у розчині, рН середовища, час реакції. Тому всі умови проведення процесу підбиралися експериментально. Застосовувані для обробки компоненти в зазначених концентраціях токсикологічно і екологічно нешкідливі.

Результати досліджень

Для дослідження структури і поверхневих змін в срібловмісному шовку використовували скануючий електронний мікроскоп MIRA3 LMU, Tescan з роздільною здатністю ± 1 нм з системою енергодисперсійного спектроскопічного хімічного аналізу Oxford X-MAX 80 mm²; невизначеність приладу ± 1 %. Зображення поверхні волокон досліджуваних зразків шовкового нетканого матеріалу до та після модифікування колоїдним сріблом, отримані методом скануючої електронної мікроскопії, наведено на Рис. 1. Вихідні волокна шовку з розподілом за діаметром 10-50 мкм мають вигляд пласких утворень, частіше скручених у трубчасту форму (Рис.1, а). Їх довжина явно перевищує міліметрові показники. Після нанесення часток синтезованого колоїдного розчину на СЕМ зображеннях появилися світлі області, які відносяться до модифікатора. Контрастність зумовлена більш важкими атомами срібла. Поряд з агломератами спостерігаються частинки 5-15 нм, які ми віднесли до наночастинок срібла. Детальний аналіз отриманих фотографій дозволяє стверджувати, що розподіл наночастинок срібла по поверхні волокон є рівномірним (рис. 1, б), що дозволить при контакті з ранами уникнути розвитку небажаних бактерій в окремих місцях на модифікованих нетканих матеріалах. Відзначалося [12], що однією з найважливіших вимог успішної дії наночастинок срібла, введених в текстильну матрицю, є якомога однорідний

розподіл без значної агломерації частинок. В одержаному зразку срібловмісного шовку кількість і розмір агломератів 150-300 нм мають низькі показники.

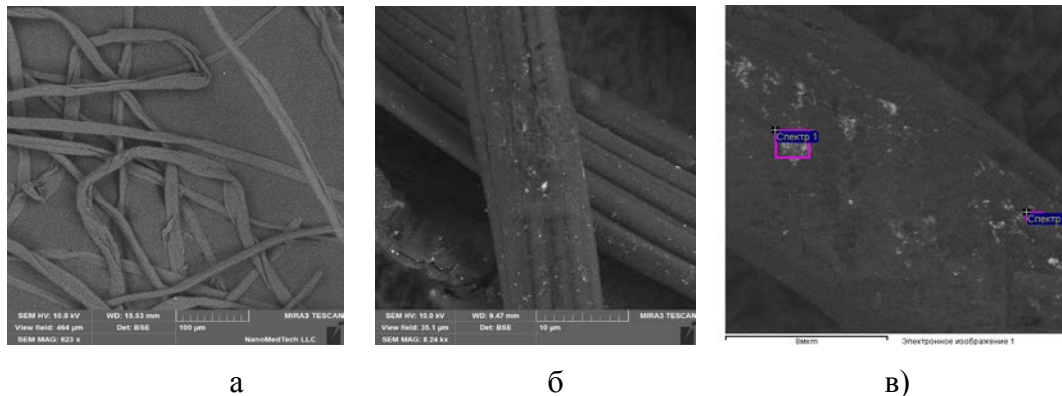


Рис. 1. Фотографії сканованих електронних зображень вихідного (а) і модифікованого сріблом (б) шовку; ділянок, вибраних для хімічного аналізу (в)

Свідченням модифікування наночастками срібла є хімічний елементний аналіз у вибраній області (рис. 1, в). В спектрах зафіксовано елементи – вуглець, кисень та срібло (тільки в модифікованому шовку). Слід відзначити, що вміст елементів менше 1 % не фіксується в енергодисперсійному аналізі. Співвідношення С/О для всіх зразків одного порядку, що свідчить про стан срібла, а саме металічний. Срібло перебуває в дисперсному не іонному стані, тому його вміст на різних ділянках істотно в рази відрізняється (табл. 1).

Для розробки ефективної технології створення ранових покриттів важливим є визначення змін їх термічної поведінки шовку після модифікування. ДСК-ТГ спектри матеріалів вимірювали на термоаналізаторі SDT Q600, Intertech в області 25-800 °С в потоці

Таблиця 1.

Результати хімічного енергодисперсійного аналізу вихідного і модифікованого Ag шовку в обраних областях

елементи / області аналізу	С	О	Ag
	вміст, %		
Вихідний	75.78	24.22	-
Вихідний	72.85	27.15	-
спектр 1	73.93	21.10	4.97
спектр 2	71.26	14.95	13.79

повітря із швидкістю нагріву 10 К/хв.; невизначеність приладу $\pm 2\%$ (ДСК), ± 0.001 мг(ТГ). Досліджувані вихідні та модифіковані наносріблом зразки мають подібний двостадійний механізм горіння з втратою мас і екзотермічною ентальпією 1331-1338 і 1226-1765 Дж/гр. Розбіжність в тепловому ефекті високотемпературного максимуму більше 20 %, ймовірно, відноситься до участі модифікаторів – срібла, ПАВ та інших домішок в процесі горіння. Це підтверджує і значно більша втрата маси біля 5.5 % при більш інтенсивній тепловій

деструкції матеріалу. Максимуми екзотермічних ефектів складають 339.7, 342.43 та 449.54, 429.28 °С відповідно для шовку та шовк/Аг. Істотних змін в термічній стійкості не відбулося (рис. 3 для ДСК кривих). Зразки втрачають масу до 200 °С з ендотермічним ефектом однаково 4.302-4.808 %, що як правило пов'язують з десорбцією адсорбованої води. В модифікованому зразку між 200-250 °С спостерігається несподіваний яскраво виражений етап втрати маси без вираженого теплового ефекту (рис. 2 для ТГ кривих).

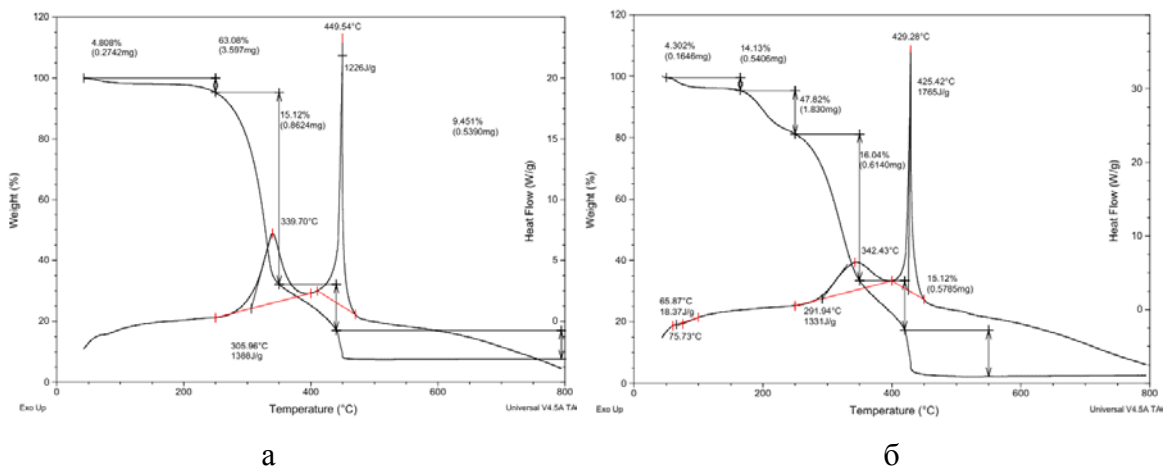


Рис. 2. ДСК-ТГ спектри вихідного (а) і модифікованого Аг (б) шовку

УФ-Вид спектри матеріалів записували на UV-VIS-NIR-spectrophotometer UV-3600, Shimadzu в режимі пропускання в діапазоні 220-800 нм з невизначеністю приладу ±1 нм. В видимій області 800-400 нм поглинання зразків спостерігаються ряд мало інтенсивних максимумів, які зумовлюють забарвлення шовку. Після нанесення срібла інтенсивність поглинання ближче до УФ області зростає (рис. 3, а,б). Хромофори шовку мають максимуми поглинання при 379.5, 300.5 і 225 нм з плечем біля 260 нм в УФ діапазоні. Нами одержано спектр модифікатора шовку шляхом віднімання спектрів для розуміння вкладу срібла в оптичне поглинання матеріалу. В профілі спектру (рис. 3, в) зафіксовано максимум в видимій області 690 та 428.5 нм, а також додаткове поглинання в УФ діапазоні біля 380 і в високоенергетичній області 300-220 нм. Поверхневий плазмонний резонанс для срібла біля 428 нм характерний для срібла і істотно інтенсивніший порівняно з металами мідь і золото [23].

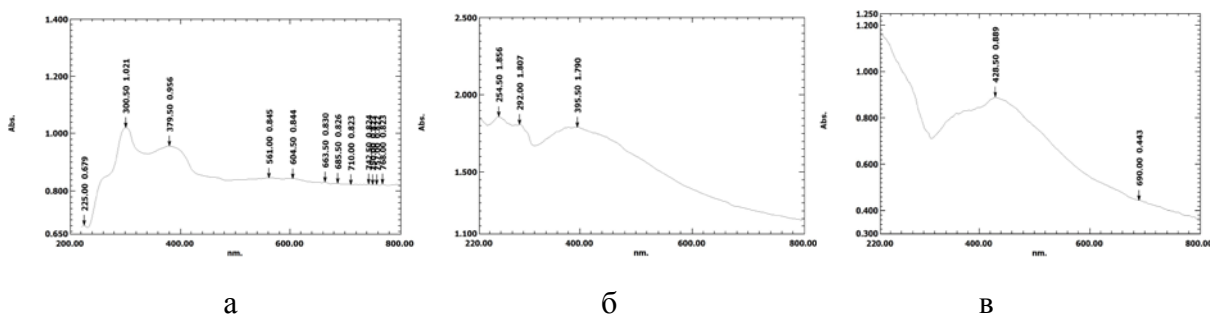


Рис. 3. УФ-Вид спектри вихідного (а), модифікованого сріблом шовку (б); в- спектр модифікатора шовку

Інформацію про якісний склад зразків та взаємодію між компонентами матеріалу надає аналіз розташування і інтенсивність максимумів в інфрачервоних спектрах [13], які вимірювали при кімнатній температурі на спектрометрі IR Affinity-1, Shimadzu в області 4000-550 cm^{-1} з використанням приставки багаторазового порушеного повного внутрішнього відбиття з алмазним наконечником і невизначеністю приладу $\pm 2\text{cm}^{-1}$. Порівнюючи отримані ІЧ-спектри зразків (Рис. 4) бачимо, що валентні коливання (ОН- і NH-груп істотно не помінялися при 3335 і 3302 cm^{-1} . Очевидно, що фізичної чи хімічної взаємодії між модифікатором і волокнами не фіксується. Механічна взаємодія між наночастками срібла та шовком спектроскопічно не проявилася із-за невеликої кількості контактів між гідроксильними групами та сріблом з ПАВ. Ряд смуг валентних коливань -СН груп при 2895 cm^{-1} свідчать про енергетично нерівноцінний стан груп, які відносяться до лінійних та ароматичних структурних фрагментів. Перерозподілу максимумів та інтенсивностей не відбулося, що логічно з причини міцності ковалентної слабо полярних зв'язків С-Н. Широка смуга з максимумом 1648 cm^{-1} відноситься до валентного коливання.

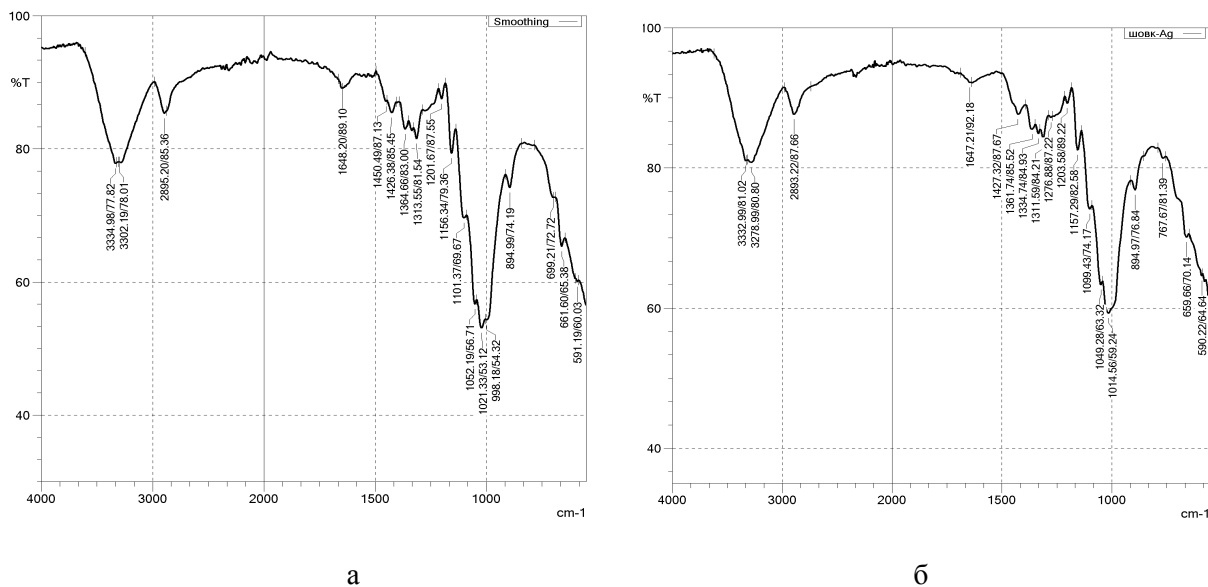


Рис. 4. ІЧ спектри вихідного (а) і модифікованого наносріблом (б) шовку

C=O, свій вклад в цій області можуть давати деформаційні коливання -NH₂ і -NH груп. Ряд смуг в діапазоні каркасних коливань 1450-591 cm^{-1} відносяться до одинарних та колективних валентних коливань С-С, С-О та деформаційних коливань -СН. Неістотні слабо інтенсивні розбіжності двох зразків можуть бути пояснені впливом органічних модифікаторів або неоднорідністю шовку.

Висновки. З метою надання антибактеріальних властивостей визначено умови та особливості формування наночастинок срібла в нетканих полотнах для ранових покриттів на базі шовкових волокон при екобезпечній обробці водними розчинами нітрату срібла. З використанням методів енергодисперсійного спектроскопічного хімічного аналізу, ДСК-ТГ спектроскопії, ультрафіолетової спектрофотометрії та інфрачервоної спектроскопії проведено дослідження структури і поверхневих змін в отриманих наномодифікованих полотнах.

Список використаних джерел

1. Advanced textiles for wound care. Edited by S. Rajendran. - 2009 Woodhead Publishing Limited. -321 S.
2. Супотницький М.В. Механізми розвитку резистентності к антибіотикам у бактерій/Биопрепараты. – 2011. - № 2. – С. 44.
3. . Brown, M. R. W.; Anderson, R. A., The bactericidal effect of silver ions on *Pseudomonas aeruginosa*. /Journal of Pharmacy and Pharmacology.- 1968.- 20 (S1). –S. 1-3.
4. Chen, X.; Schluesener, H. J. Nanosilver: a nanoparticle in medical application./ Toxicol Lett 2008, 176 (1), 1-12.
5. Букина Ю.А. Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра / Ю.А. Букина, Е.А. Сергеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. - №14. – С. 170-172.
6. Абаева Л.Ф., Шумский В.И., Петрицкая Е.Н., Рогаткин Д.А., Любченко П.Н. Наночастицы и нанотехнологии в медицине сегодня и завтра / Альманах клинической медицины -2010. - № 22. - С.10 -16.
7. Кричевский Г.Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды: монография – М.: Изд-во "Известия".- 2011. – 528с.
8. Rujitanaroj Pim-on. Wound-dressing materials with antibacterial activity from electrospun gelatin fiber mats containing silver nanoparticles / Rujitanaroj Pim-on, Pimpha Nuttaporn, Supaphol Pitt // Polymer. – 2008. – 49. – 21. – P.4723-4732.
9. Chen, X. Nanosilver: a nanoparticle in medical application./ X. Chen, H.J. Schluesener // Toxicology letters. – 2008. - Vol. 176, № 1. – P. 1-12.
10. Крутяков Ю.А., Кудринский А.А., Оленин А.Ю., Лисичкин Г.В. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы // Успехи химии. – 2008. v. 77, N 3. P. 242-269.
11. Вишнякова Е.А., Сайкова С.В., Жарков С.М., Лихацкий М.Н., Михлин Ю.Л. Определение условий образования наночастиц серебра при восстановлении глюкозой в водных растворах./ Journal of Siberian Federal University. Chemistry 1 – 2009. №2. –с. 48-55.
12. S. Brzezinski, M. Jasiorsky. Bacteriostatic textile-polymer coat materials modified with nanoparticles/ Polimery. -2007.-P 362-366.
13. Тихомиров С.В. Практическое использование ИК-Фурье спектроскопии для анализа полимеров / С.В. Тихомиров, Т.Б. Кимстач // Пластические массы. – 2007. - № 7. – С. 30-34.

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ СЕРЕБРА В НЕТКАНЫХ ПОЛОТНАХ ДЛЯ РАНЕВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ШЕЛКОВЫХ ВОЛОКОН

СУПРУН Н.П., БРИЧКА С.Я.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Определить условия и особенности формирования наночастиц серебра в нетканых полотнах для раневых покрытий на основе шелковых волокон при их экобезопасной обработке водными растворами нитрата серебра.

Методика. Применены современные методы физико-химического анализа для исследования структуры наномодифицированных шелковых волокон.

Результаты. С использованием методов энергодисперсионного спектроскопического химического анализа, ДСК-ТГ спектроскопии, ультрафиолетовой спектрофотометрии и инфракрасной спектроскопии проведено исследование структуры и поверхностных изменений в волокнах шелка, обработанные нанопрепаратами серебра.

Научная новизна По экобезопасной методике проведена обработка шелковых волокон наносеребром и определена структура полученных материалов

Наукова новизна. За екобезпечною методикою проведено обробку наносріблом шовкових волокон і визначено структуру отриманих матеріалів

Практическая значимость. Получен шелковый волокнистый нетканый материал, содержащий серебро, для использования в качестве бактерицидной текстильной основы для раневых покрытий.

Ключевые слова: *раневое покрытие, шелковые волокна, наночастицы серебра.*

THE FORMATION OF SILVER NANOPARTICLES IN THE NON-WOVEN FABRICS FOR WOUND DRESSINGS BASED ON SILK FIBERS

SUPRUN N.P., BRICHKA S.YA.

Kyiv national University of technologies and design

Purpose. To determine the conditions and peculiarities of formation of silver nanoparticles in nonwovens for wound dressings based on silk fibers at their ecosafe treatment by aqueous solutions of silver nitrate.

Methods. Was applied modern methods of physical-chemical analysis to study the structure of nanomodified silk fibers.

Results. With the use of methods of energy dispersive spectroscopic chemical analysis, DSC-TG spectroscopy, ultraviolet spectrophotometry and infrared spectroscopy we have investigated the structure and surface changes in silk fibers treated with nanosilver.

Scientific novelty. With the use of environmentally safe method was made the treatment of silk fibers by nanosilver and the structure of the obtained materials was determined

Practical significance. Was received containing silver silk fibrous non-woven material for use as bactericidal textiles basis for wound dressings.

Keywords: *wound dressings, silk fibers, silver nanoparticles.*

УДК 330.131.7:637.1

ЗЕНКІН А.С., НАЗАРЕНКО І.В., КУДРЯВЦЕВА А.А.
БАЛАБОЛОВА Ю.В.
Київський національний університет технологій та дизайну

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

Мета. Аналіз основних ризиків на підприємствах з переробки молока та пошук шляхів для їх повної чи часткової мінімізації.

Методика. Методологічною основою досліджень є принципи та підходи щодо оцінювання ризику, які дали змогу проаналізувати існуючі можливості виникнення ризику в умовах невизначеності, та запропонувати шляхи його подолання.

Результати. Обґрунтовано та вибрано механізми і інструменти, які є найбільш доцільними для усунення можливих ризиків на підприємствах з переробки молока.

Наукова новизна. Доведено, що найбільш ефективним механізмом для мінімізації ризику в умовах невизначеності є аналіз можливості його виникнення та прийняття своєчасних рішень з усунення або мінімізації.

Практична значимість. Запропоновано алгоритм, суть якого полягає в поетапному визначенні можливих ризиків та усунення їх на етапі виявлення.

Ключеві слова: молокопереробні підприємства, молочна продукція, ризик в умовах невизначеності.

Вступ. Підписання угоди про асоціацію з Європейським Союзом відкриває для українських молокопереробних підприємств європейський ринок. Тому, важливим завданням для підприємців є виготовлення молока такої якості, що відповідає вимогам європейських стандартів.

Невід'ємним атрибутом підприємств молочної промисловості є зовнішні та внутрішні ризики, що виникають в умовах невизначеності. Невизначеність ризику проявляється в відсутності повної і точної інформації про продукт, неможливість точної оцінки всіх параметрів продукту; присутність елемента випадковості, тобто неможливістю спрогнозувати чи передбачити всі чинники, які можуть впливати на продукт, тощо. Управління ризиком, окрім урахування загальних закономірностей, має галузеві особливості (це пов'язано з тим, що як сировина, так і готова продукція мають обмежені терміни придатності).

Дослідженням з питань усунення ризику на молокопереробних підприємствах присвятили свої праці багато вітчизняних науковців, зокрема В. Андрійчук, А. Даниленко, В. Кардаш, О. Ковтун, та ін. Однак, незважаючи на проведені дослідження, досі залишаються невивченими специфічні теоретико-методичні питання управління ризиками підприємств молокопродуктового підкомплексу внаслідок відсутності єдиної наукової думки щодо методів управління ризиками, а існуючий інструментарій не дозволяє повністю вирішити цю проблему. В зв'язку з цим, питання, що пов'язані з впливом ризиків на конкурентоспроможність молокопереробних підприємств є досі актуальними.

Постановка завдання. На сьогодні, в умовах євроінтеграції, діяльність молокопереробного підприємства пов'язана з прийняттям важливих рішень щодо ефективності роботи та подальшого розвитку. Ситуація, що склалася на ринку, вимагає від керівників молокопереробних підприємств не тільки бачити перспективи розвитку, але й приймати ефективні управлінські рішення в умовах виробничого ризику. У цих умовах постала гостра необхідність розробки механізмів оцінки, аналізу та управління ризиками, адаптованими до конкретних умов господарювання молокопереробних підприємств.

Результати досліджень. Для виявлення ризиків необхідно передбачити подію, яка може відбутися або не відбутися (рівень невизначеності характеризується ймовірністю) у зв'язку з наявністю джерел ризику, а потім передбачити її можливі наслідки.

Внутрішні ризики залежать від здатності підприємця організувати виробництво і збут продукції. Вони впливають на підприємницьку діяльність, значною мірою визначаються помилковими рішеннями, прийнятими керівниками унаслідок їхньої некомпетентності. На рівень внутрішніх ризиків впливає ділова активність керівництва підприємства, вибір оптимальної маркетингової стратегії і тактики та інші фактори. Зокрема, сучасний фінансовий стан підприємств з переробки молока свідчить про нестабільність їх діяльності та схильність до різних ризиків. Втрата сировинних зон і як наслідок – низька завантаженість виробничих потужностей, підвищення собівартості одиниці готової молочної продукції, нестійкий фінансовий стан, низька ефективність роботи молокопереробних підприємств.

Аналіз структури товарної продукції молокопереробних підприємств, динаміки цін на молоко і молочну продукцію, структури виробничих витрат, тенденцій зміни чистого прибутку, рентабельності виробництва та інших показників свідчить про зниження ефективності виробничої діяльності, що зумовлює відповідні ризики.

Розглядаючи види ризиків, що найбільш характерні для молокопереробних підприємств, пропонуємо згрупувати їх залежно від місця виникнення. Так, доцільним вважаємо для підприємств молочної галузі виділяти наступні основні ризики: ресурсний, виробничий та ризики в сфері збуту готової продукції.

Так, під ресурсними ризиками розуміємо невчасну доставку молока-сировини або його недостатню кількість чи неналежну якість. Молоко-сировина характеризується такими важливими показниками як: масова частка білку, жиру, кислотність, кількістю соматичних клітин, тощо. Саме від рівня цих показників залежить виробництво якісного готового продукту. Можна зробити висновки, що найбільш вагомим фактором є саме якість сировини, що надходить на переробку.

На якість сировини може впливати дуже багато факторів, серед яких можна виділити: неналежне утримання; неналагоджена система збору сировини; недотримання умов зберігання; недотримання температурних режимів транспортування сировини та недбалість постачальників. Ризик невідповідності якості молока є одним із основних чинників щодо забезпечення якості готової продукції, адже вона залежить від фізико-хімічних та мікробіологічних показників отриманого на переробку молока. Тобто, обираючи постачальників молока-сировини підприємцям слід звертати увагу на всі перелічені моменти, починаючи від утримання корів, їх годівлі і завершуючи системою доїння та транспортування молока на молокопереробні підприємства. Велике значення відіграє якість, кількість сировини, її ціна, вчасність доставки, тощо.

Саме якість молока-сировини призводить до можливості настання виробничих ризиків, що пов'язані із недозавантаженням виробничих потужностей, непродуктивного використання обладнання, порушення ритмічності виробництва, виготовлення продукції, що поступається конкурентам за якістю та асортиментом.

До виробничих ризиків молокопереробних підприємств можна віднести:

1) нестачу сировинних ресурсів та невисокий рівень її якості (призводить до неповного завантаження виробничих потужностей. Невисокий рівень якості сировини робить неможливим виготовлення з неї всього асортименту продукції (наприклад, з молока низької жирності не можливо виготовити сметану чи вершки);

2) застарілі технології виробництва молочної продукції (впливають на якісні показники готової продукції та знижують її рівень конкурентоспроможності);

3) знос обладнання (спричиняє випадки виходу з ладу обладнання, що веде до псування сировини та збитків підприємства, порушення ритмічності виробництва, можливі перевитрати ресурсів, що позначиться на збільшенні собівартості продукції);

4) високу собівартість продукції (впливає на рівень ціни готової продукції, що зменшує її рівень конкурентоспроможності за ціною);

5) недостатній рівень фінансових ресурсів (робить неможливим модернізацію обладнання, впровадження сучасних технологій виробництва, випуску інноваційної продукції, сприяє гальмуванню розвитку підприємства);

6) низький рівень організації виробництва (призводить до порушення ритмічності випуску продукції, зменшенню продуктивності праці, нераціональному розташуванню обладнання, збільшення тривалості виробничого циклу);

7) недосконалу систему управління виробничими процесами (призводить до неритмічності роботи, нераціонального використання обладнання, сировини, погіршення якості готової молочної продукції);

8) недостатню систему контролю проходження виробничих процесів (викликає суттєві відхилення, порушення у проходженні виробничих процесів, що позначиться на якості готової молочної продукції);

9) види пакування готової продукції (впливають на терміни придатності молочної продукції, можливість її транспортування на великі відстані без підвищення ризику псування).

Основні задачі молокопереробного підприємства направлені на виготовлення безпечної та якісної за мікробіологічними показниками продукції з певним терміном придатності. В той же час необхідним є врахування запитів ринку, вподобань споживачів для виробництва потрібної продукції, що буде користуватися попитом. Саме тому підприємства постійно розширюють асортиментний ряд молочної продукції, вкладають значні кошти в модернізацію виробництва, швидко реагують на зміну кон'юнктури ринку. Щороку вони випускають та пропонують споживачам нові види молочної продукції покращених споживчих властивостей [5; 6].

Запобігання ступеня ризику небезпечності сирого молока досягається використанням різних режимів обробки, які залежать від технології виробництва готової продукції. Також якість готової продукції залежить від наявного обладнання, на якому вона виробляється, а також від його очистки та дезінфекції.

В процесі досліджень запропонований аналіз ризиків (рис.1), що включає ряд наступних етапів.

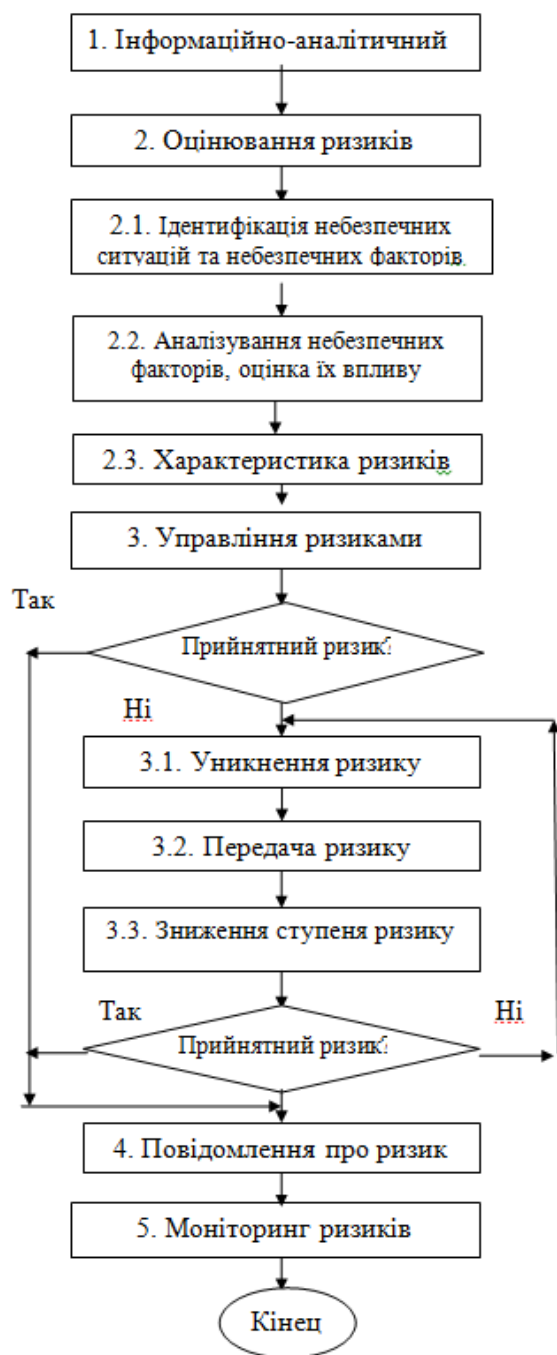


Рис. 1 Алгоритм виявлення та усунення ризиків на молокопереробному підприємстві

На п'ятому етапі фактори, які справляють на підприємство суттєвий вплив, створюють ризикові ситуації. Це означає, що ризику цілком у всіх ситуаціях не можна уникнути, його можна тільки зменшити до певних меж або відмовитися від нього. Тому підприємства повинні проводити моніторинг ризиків.

На першому етапі підприємство визначає підстави для проведення аналізу, визначає цілі дослідження. Якщо завдання чітко не визначені, то буде дуже важко визначити, зрозуміти та управляти відповідними ризиками. Визначаються цінності організації, які вона намагається захистити та потенційні джерела додаткових прямих або можливих витрат, визначаються межі дослідження, збирається необхідна інформація про структуру та властивості об'єкту, складається перелік процесів їх виробництва; оцінюється можливість виникнення всієї сукупності небезпек (небезпечних ситуацій, невідповідностей) незалежно від того, чи може воно впливати на них. Збирається вся інформація, отримана з різних джерел, відомості про нещасні випадки, професійні захворювання, аналізується НД, виявляються залишкові ризики.

На другому етапі проводиться оцінка ризику. Встановлюються всі види небезпек, небезпечні ситуації, небезпечні випадки та визначаються причини їх виникнення. Робоча група відповідає на запитання: що? Де? Коли? Як? Чому може виникнути небезпечна ситуація? Визначаються всі можливі джерела небезпеки, встановлюється характеристика кожного небезпечного фактору та оцінюється його вплив. Надається загальна характеристика ризику.

На третьому етапі на підставі результатів оцінки ризику керівник приймає альтернативне рішення та у разі необхідності застосовуються запобіжні та корегувальні дії.

На четвертому етапі, якщо небажана подія наступила, про ризик повідомляють всі зацікавлені сторони.

Запропонований алгоритм дасть можливість забезпечити раціональне управління ризиками молокопереробного підприємства.

Отже, підсумовуючи зазначенні чинники ризиків та виокремлюючи найбільш вагомі (кількість та якість сировини, порушення проходження технологічного процесу), треба зазначити, що вони суттєво впливають на можливість виникнення ризику не конкурентоспроможності готової продукції та сприяють можливості настання ризиків в сфері збуту, адже ринок вимагає якісної продукції широкого асортиментного ряду. В сфері збуту молочної продукцію також виникає цілий ряд ризиків, які можуть значно знизити конкурентоспроможність продукції.

Серед них розрізняють наступні фактори ризику:

1) незначні терміни зберігання, що можуть викликати неможливість експорту продукції або реалізації на великі відстані. Сприяє відмові постачальників у її реалізації через необхідність повернення залишків нереалізованої продукції із простроченим строком придатності;

2) недотримання температурних режимів при транспортуванні, що може призвести до псування продукції та збитків підприємства;

3) неналагоджена система збуту молочної продукції, що може викликати зменшення дохідності через відсутність взаємовигідної співпраці в певних регіонах та не охоплення всіх можливих як внутрішніх, так і зовнішніх ринків збуту;

4) невідповідність молочної продукції міжнародним стандартам якості, що робить неможливим розширення ринків збуту через не конкурентоспроможність продукції за кордоном;

5) непродумана стратегія просування продукції може спричинити падіння попиту на продукцію.

Висновки. Результати дослідження дають можливість прийти до висновку, що молокопереробні підприємства щодня стикаються як із внутрішніми, так із зовнішніми ризиками. Основними з них є такі ризики, як: ресурсний, виробничий та ризик у сфері збуту готової продукції. Проведений детальний аналіз факторів ризику дав можливість виділити основні наслідки їх настання та показати взаємодію ризиків, що призводить до неефективної діяльності молокопереробних підприємств та зниження конкурентоспроможності. При виробництві молокопереробної продукції необхідно своєчасно проводити роботу в напрямку гармонізації державних стандартів та міжнародних вимог, запроваджувати ряд організаційно-господарських заходів по підвищенню культури виробництва молока, доставки та збуту його на молокопереробні підприємства. В іншому випадку деякі виробничі і переробні підприємства ризикують втратити конкурентоспроможність, аж до повного припинення їх діяльності.

Не дивлячись на значну кількість ризиків у діяльності молокопереробних підприємств, підприємці повинні вміти правильно оцінити ступінь їх настання, можливі наслідки для підприємства та вміти розробити заходи по мінімізації їх впливу. Все це свідчить про необхідність впровадження системи управління ризиками на підприємствах для їх прогнозування та розробки відповідних заходів реагування на зміни зовнішнього середовища.

Своєчасне врахування ризиків при прийнятті управлінських рішень, можливість адаптуватися до мінливих ринкових умов господарювання забезпечує рентабельне функціонування, ефективний розвиток та досягнення високого рівня конкурентоспроможності вітчизняних молокопереробних підприємств.

Список використаних джерел

1. Зенкін А. С. Розробка кваліметричної моделі прогнозування показників якості та безпеки молочної продукції / А. С. Зенкін, А. А. Кудрявцева, Ю. Ю. Салівон // Перспективні технології та прилади. - 2014. - Вип. 5. - С. 61-65.
2. Зенкин А.С., Методика кількісної оцінки якості/ Зенкин А.С., Кудрявцева А.А., Саливон Ю.Ю./ «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», 2014. – 124-125 с.
3. Сулим М.В. Обґрунтування господарських рішень та оцінювання ризиків: Підручник для студ. вищ. навч. закладів / М.В. Сулим, О.С. Пенцак. – Львів: «Новий Світ – 2000», 2012. – 330 с.
4. Донець Л.І. Обґрунтування господарських рішень та оцінювання ризиків. Навч. посіб. / Л.І. Донець, О.В. Шепеленко, С.М. Баранцева та ін. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 472 с.
5. Системне забезпечення конкурентоспроможності підприємств м'ясної і молочної промисловості України: Монографія. / Т.Л. Мостенська, О.І. Драган, І.В. Суха / Національний ун-т харчових технологій. – Київ, 2010. – 268 с.
6. Тенденції ринку молока та молочних продуктів за підсумками 2014 року // Продукты & Ингредиенты. – 2015. – № 1-2(120-121). – С. 40–41.
7. Гуменник В.І. Менеджмент організацій: навч. посіб. / В.І. Гуменник, Ю.С. Копчак, О.С. Кондур. – К.: Знання, 2012. – 503 с.
8. Донець Л.І. Обґрунтування господарських рішень та оцінювання ризиків. Навч. посіб. / Л.І. Донець, О.В. Шепеленко, С.М. Баранцева та ін. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 472 с.
9. Системне забезпечення конкурентоспроможності підприємств м'ясної і молочної промисловості України: Монографія. / Т.Л. Мостенська, О.І. Драган, І.В. Суха / Національний ун-т харчових технологій. – Київ, 2010. – 268 с.

ВЛИЯНИЕ РИСКОВ НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ЗЕНКИН А.С., НАЗАРЕНКО И.В., КУДРЯВЦЕВА А.А., БАЛАБОЛОВА Ю.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Анализ рисков на предприятиях по переработке молока и поиск путей для их полной или частичной минимизации.

Методика. Методологической основой исследований являются принципы и подходы к оценке риска, позволили проанализировать существующие возможности возникновения риска в условиях неопределенности, и предложить пути его преодоления.

Результаты. Обосновано и выбрано механизмы и инструменты, которые являются наиболее целесообразными для устранения возможных рисков на предприятиях по переработке молока.

Научная новизна. Доказано, что наиболее эффективным механизмом для минимизации риска в условиях неопределенности является анализ возможности его возникновения и принятия своевременных решений по устранению или минимизации.

Практическая значимость. Предложен алгоритм, суть которого заключается в поэтапном определении возможных рисков и устранения их на этапе обнаружения.

Ключевые слова: *молокоперерабатывающие предприятия, молочная продукция, риск в условиях неопределенности.*

IMPACT ON COMPETITIVENESS RISKS MILK PROCESSING PLANTS

ZENKIN A.S., NAZARENKO I.V., KUDRYAVTSEVA A.A., BALABOLOVA Y.V.,

Kiev National University of Technology and Design

Purpose. Risk analysis at the enterprises for milk processing and finding ways for their full or partial minimization.

Methods. The methodological basis of research are principles and approaches to risk assessment, possible to analyze the existing capabilities of the risk in the face of uncertainty, and to propose ways to overcome it.

Results. Grounded and selected mechanisms and tools that are most appropriate to eliminate potential risks at the enterprises for milk processing.

Scientific innovation. It is proved that the most effective mechanism to minimize risk under uncertainty is to analyze the possibility of its occurrence, and timely decisions to eliminate or minimize.

The practical significance. The algorithm, which essentially consists in the gradual identification of possible risks and eliminate them at the stage of detection.

Key words: *dairy plants, dairy products, the risk in the face of uncertainty*

УДК 677.07.017:687

ВАСИЛЕНКО М.П., ВАСИЛЕНКО В.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ КОМФОРТНОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЇХ ВЛАСНИХ ТЕПЛОВИХ ШУМІВ

Мета. Дослідження впливу структури текстильних матеріалів на їх комфортність при її оцінці шумовим методом.

Методика. В роботі застосовано сучасні методи теоретичної фізики та теорії теплових шумів.

Результати. Розроблено метод та засіб експериментального оцінювання пористої структури та комфортності матеріалів за параметрами шумових сигналів.

Наукова новизна. Встановлено нові залежності власних теплових шумів від сировинного складу та структури матеріалу.

Практична значимість. Розроблено експериментальну установку, яка дозволяє здійснити експрес-оцінку комфортності текстильних матеріалів.

Ключові слова: комфортність, текстильні матеріали, теплові шуми, пористість.

Вступ. Комфортність текстильних матеріалів залежить від багатьох чинників, як суб'єктивного так і об'єктивного характеру. До першої групи відносяться чинники, які не можуть бути оцінені в лабораторних умовах (особисте сприйняття споживачем виробу, його вподобання щодо кольору та фактури матеріалу, тощо), до другої групи відносяться фізичні властивості матеріалу, які можна оцінити за стандартизованими методиками [1-4], але для розуміння даних результатів споживач повинен володіти спеціальними знаннями, тому розробка методу оцінки комфортності, результати якої були б зрозумілими будь-якому споживачеві є актуальною.

Постановка завдання. Комфортність матеріалу залежить від його сировинного складу та характеристик будови, за рахунок яких він має здатність підтримувати певні сталі умови у підодяговому просторі, для забезпечення яких необхідно здійснювати виведення надлишкової вологи та надлишкового тепла. Таким чином оцінити здатність матеріалу до підтримання комфортних умов у підодяговому просторі можна визначаючи його повітро- та паропроникність, які залежать від розміру та кількості пор (наскрізної пористості). Методи оцінки наскрізної пористості [1, 2] є трудомісткими та вимагають суттєвих затрат часу, тому доцільним є створення методу, який би дозволив проводити експрес-оцінку наскрізної пористості швидко та з високою точністю. Апаратні методи оцінки комфортності [5, 6] дозволяють отримувати об'єктивну оцінку комфортності за електромагнітними параметрами досліджуваного матеріалу, проте вони вимагають застосування громіздкого обладнання, яке, до того ж, має високу вартість. Тому, доцільною є розробка більш низькочастотного методу експрес-оцінки комфортності, який дозволить зменшити собівартість на габарити застосовуваного обладнання та здешевити його.

Результати та їх обговорення. Для оцінки пористості застосовується розроблений авторами комп'ютерний метод, заснований на обробці цифрового зображення пористої структури матеріалу. Для отримання цифрового зображення зразка матеріалу застосовувався сканер Mustek Bear Paw 2400 CU Plus та стандартне програмне забезпечення для сканування, передбачене операційною системою персонального комп'ютера. Сканування здійснюється з

роздільною здатністю 1200 dpi (крапок на дюйм) у відтінках сірого. Приклад отриманого цифрового зображення текстильного матеріалу наведено на рис. 1. Після сканування зображенням надається обробці у графічному редакторі, в результаті якої отримується чорно-біле зображення на якому порам відповідають пікселі чорного кольору, а ниткам — пікселі білого кольору. Для цього спочатку виконувалося автоматичне вирівнювання кольору, після чого здійснювалася корекція яскравості та контрасту (яскравість - 50, контрастність — 100). Отримане зображення зберігається у форматі bitmap, який являє собою масив, що зберігає інформацію про колір кожної точки зображення. Для здійснення такої обробки може бути застосований будь-який графічний редактор, який дозволяє здійснювати кольорову корекцію зображення (Adobe Photoshop, Paint.Net, Pinta, Gimp). Вказана обробка дозволяє усунути вплив кольору на результати оцінки пористості матеріалу. Приклад обробленого зображення наведено на рис. 2.

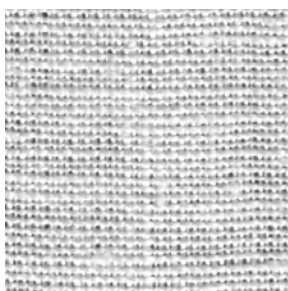


Рис. 1. Цифрове зображення текстильного матеріалу, отримане шляхом сканування



Рис. 2. Оброблене зображення текстильного матеріалу

Оброблене зображення завантажується у програму, яка здійснює оцінку пористості. На першому етапі визначаються ширина та висота завантаженого зображення. На другому етапі підраховується кількість чорних точок у наведеному зображенні, що відповідає загальній площі пор досліджуваного матеріалу. На третьому етапі визначається загальна кількість точок зображення, що відповідає площі досліджуваного зразка. На четвертому етапі визначається наскрізна пористість матеріалу шляхом ділення кількості чорних точок на загальну кількість точок. Отриманий результат виражається у відсотках. Результати, отримані за розробленим методом, порівнюються з розрахунковими даними, отриманими за стандартним методом розрахунку пористості.

Для експрес-оцінки комфортності зручно застосовувати шумовий метод [7], який дозволяє отримати інформацію про комфортність матеріалу з врахуванням його структурних характеристик та сировинного складу. Структурна схема установки для оцінки комфортності текстильних матеріалів за власними електромагнітними шумами наведена на рис. 3.

В якості джерела шумового сигналу використовується ємність, заповнена водою, в яку поміщені сигнальний та вимірювальний електроди і занурюється зразок досліджуваного матеріалу. На сигнальний електрод подається синусоїдальний сигнал з амплітудою 5В та частотою 20 кГц, сигнал з вимірювального електрода перетворюється у цифровий код. Замість синусоїдального сигналу зручно застосовувати будь-який шумоподібний сигнал, еквівалентний за потужністю та звуковим частотним діапазоном.

Для аналого-цифрового перетворення і подальшої обробки сигналів застосоване стандартне апаратне і програмне забезпечення персонального комп'ютера. Перетворення шумового сигналу в цифрову форму здійснюється за допомогою стандартної звукової плати,

на вхід якої подається сигнал з вимірювального електрода кондуктометричного перетворювача. Оцифрований сигнал записується у звуковий файл формату wave.

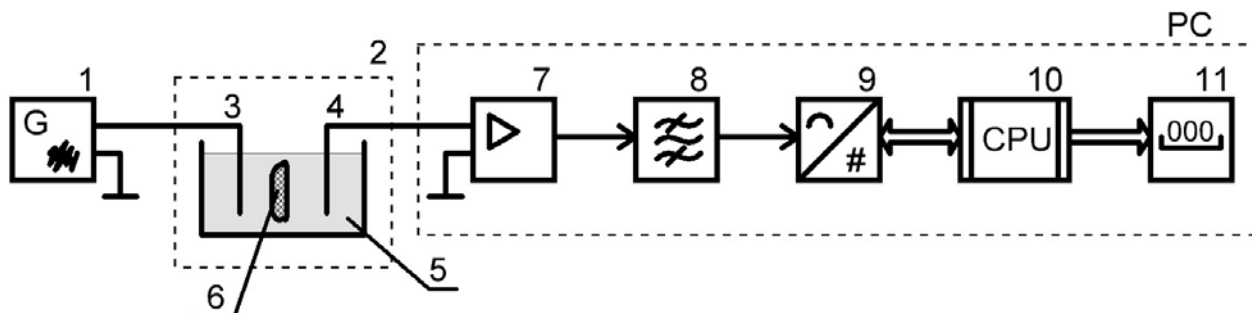


Рис. 3. Структурна схема установки для оцінки комфортності текстильних матеріалів за власними електромагнітними шумами: 1 - джерело шумоподібного сигналу; 2 - досліджуваний об'єкт; 3 - сигнальний електрод; 4 - вимірювальний електрод; 5 - ємність, заповнена водою; 6 - досліджуваний зразок (текстильний матеріал, чи виріб); 7 - підсилювач; 8 - смуговий фільтр; 9 - аналогово-цифровий перетворювач; 10 - процесор; 11 - цифровий індикатор

Після обчислювальної обробки [7] оцифрованого сигналу, які здійснюється спеціальною програмою-обробником шумового сигналу, визначається інтегральний електромагнітний показник комфортності (ІЕПК), який дозволяє зробити висновки про комфортність досліджуваного матеріалу. В якості критерію при цьому виступає розроблена ординальна шкала комфортності виду “низька-середня-висока комфортність”, наведена на рис. 4, згідно якої, чим ближчий ІЕПК до 1 тим вищу комфортність має відповідний матеріал. Шкала поділена на 3 зони: “низька комфортність” (значення ІЕПК 0 — 0,33), “середня комфортність” (0,34 — 0,66) та “висока комфортність” (0,67 — 1).



Рис. 4. Ординальна шкала комфортності

Даний метод також може бути застосований для експрес-порівняння властивостей матеріалів з певним еталонним матеріалом.

Для дослідження впливу пористості текстильного матеріалу на його комфортність було досліджено ряд зразків лляної, бавовняної, підкладкової (ПЕ) та шовкової тканини. Комфортність матеріалів оцінювалася шляхом визначення інтегрованого електромагнітного показника комфортності шумовим методом, пористість матеріалів визначалася за описаним вище експрес методом. Результати дослідження наведені в таблиці 1 та на рис. 5 – 8.

Таблиця 1

Результати оцінки комфортності матеріалів шумовим методом та їх наскрізної пористості

		Номер зразка									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ляна тканина	Товщина, мм	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
	Пористість, %	22,77	22,04	17,93	22,49	23,16	21,90	20,79	22,23	22,78	21,19
	ІЕПК	0,72	0,70	0,64	0,71	0,73	0,70	0,68	0,71	0,72	0,70
Бавовняна тканина	Товщина, мм	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	Пористість, %	39,67	39,08	39,26	39,31	41,28	38,95	38,71	39,54	39,45	38,15
	ІЕПК	0,63	0,60	0,61	0,62	0,66	0,61	0,59	0,62	0,62	0,56
Підкладкова тканина (ПЕ)	Товщина, мм	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Пористість, %	39,49	37,11	34,41	37,55	38,53	38,50	38,40	40,02	35,58	35,20
	ІЕПК	0,16	0,14	0,11	0,14	0,15	0,15	0,15	0,17	0,12	0,12
Шовкова тканина	Товщина, мм	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Пористість, %	37,64	39,30	35,00	40,80	36,89	38,82	38,36	37,05	38,40	37,44
	ІЕПК	0,54	0,58	0,52	0,6	0,53	0,57	0,56	0,53	0,55	0,54

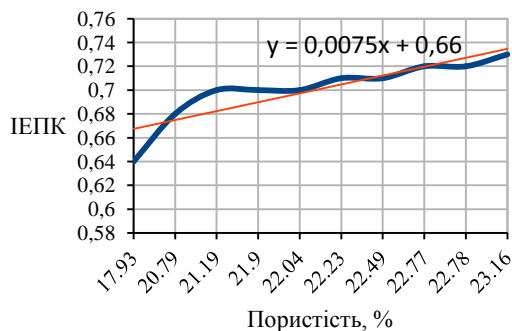


Рис. 5. Графік залежності ІЕПК від наскрізної пористості для льняної тканини

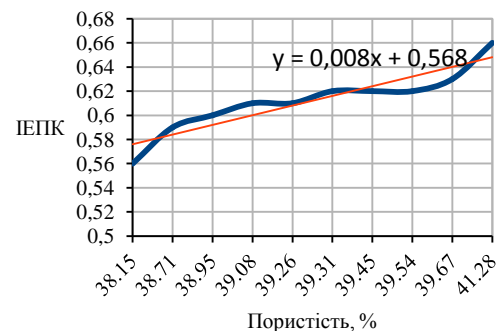


Рис. 6. Графік залежності ІЕПК від наскрізної пористості для бавовняної тканини

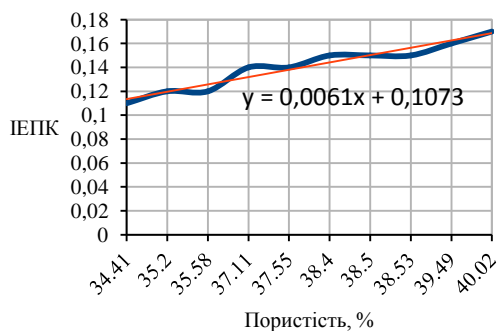


Рис. 7. Графік залежності ІЕПК від наскрізної пористості для підкладкової тканини

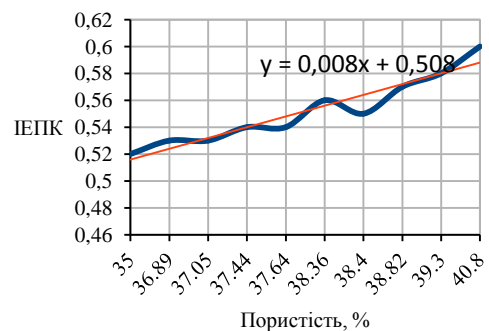


Рис. 8. Графік залежності ІЕПК від наскрізної пористості для шовкової тканини

Таким чином, значення шумового показника залежить як від сировинного складу матеріалу, так і від його наскрізної пористості. Відповідно до наведеної на (рис. 4) шкали, лляна тканина має високу комфортність, бавовняна тканина перебуває на межі зон середньої та високої комфортності, шовкова тканина має середню комфортність та підкладкова тканина має низьку.

Висновок. Розроблений експрес-метод дозволяє провести оцінку комфортності текстильних матеріалів і пакетів з них із застосуванням ординальної шкали вигляду “низька-середня-висока комфортність”.

Проведено експериментальну оцінку комфортності матеріалів для одягу розробленим методом та встановлено залежність інтегрального електромагнітного показника від їх пористої структури.

Список використаної літератури:

1. Бузов Б.А., Модестова Т. А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение швейного производства – М.: Легпромбытиздат – 1986г.– 424 с.
2. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. Часть III. Издательство «Легкая индустрия». Москва – 1967г. – 302 с.
3. Суглоба М.О, Супрун Н.П. Исследование взаимосвязи сквозной пористости и воздухопроницаемости материалов одежды для чистых помещений. // Материалы Международной научно-практической конференции. "Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности ".- Иваново.-2002 — С. 228.
4. Супрун Н.П., Василенко В.М. Моделювання та визначення характеристик пористості і проникності текстильних матеріалів / Технологія та матеріалознавство швейних виробів. Збірник наукових праць.-Луганськ: видавництво СЗУ ім. В. Даля, 2013. – С. 29-40.
5. Скрипник Ю. О., Супрун Н. П., Шевченко К. Л., Ваганов О. А. Частотно-польова оцінка комфортності одягу // Вісник КНУТД №2, 2009 р. - С. 131 - 136.
6. Скрипник Ю. О., Шевченко К. Л., Супрун Н. П., Ваганов О. А. Інтегральна оцінка комфортності текстильних матеріалів за електромагнітними показниками // Вісник КНУТД №4, 2009 р. - С. 46 - 50.
7. Василенко М. П. Оцінка властивостей текстильних матеріалів з обробкою результатів кореляційним методом // Василенко М. П., Скрипник І. Ю., Шевченко К. Л. // Матеріали X міжнародної молодіжної науково-технічної конференції “Сучасні проблеми радіотехніки і телекомунікації ”РТ-2014”, 2014, С. 192 .

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНИВАНИЯ КОМФОРТНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СОБСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

ВАСИЛЕНКО Н.П., ВАСИЛЕНКО В.Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование влияния структуры текстильных материалов на их комфортность при ее оценке шумовым методом.

Методика. В работе применены современные методы теоретической физики и теории тепловых шумов.

Результаты. Разработаны метод и средство экспериментального оценивания пористой структуры и комфортности материалов по параметрам шумовых сигналов.

Научная новизна. Установлены новые зависимости тепловых шумов от сырьевого состава и структуры материала.

Практическая значимость. Разработана экспериментальная установка, позволяющая совершать экспресс-оценку комфортности текстильных материалов.

Ключевые слова: *комфортность, текстильные материалы, тепловые шумы, пористость.*

DEVELOPEMENT OF TEXTILE MATERIALS ESTIMATION METHOD BASED ON THEIR OWN ELECTROMAGNETIC EADIATION

VASYLENKO M. P., VASYLENKO V. M.

Kyiv national university of technologies and design

Purpose. Research of textile materials structure influence their comfort during its estimation by the noise method.

Methodology. In the work modern methods of theoretical physics and thermal noise theory are used.

Findings. Developed the method, algorithm and tool to perform the estimation of porous structure and textile materials comfort as to the parameters of noise signals.

Originality. Found new dependencies between the thermal noise and raw materials composition and structure of textile material.

Practical value. Developed the experimental installation for express-estimation of textile materials comfort.

Keywords: *comfort, textile materials, thermal noise, porosity.*

УДК 378.1:42

ВОЛІВАЧ А.П., ХІМІЧЕВА Г.І.

Київський національний університет технологій та дизайну

ЗАСТОСУВАННЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ

Мета. Дослідження впливу інформаційних технологій на формування загальних (інформаційних) компетентностей студентів технічних спеціальностей.

Методика. Теоретичною основою досліджень, є методи систематизації та аналізу, які дозволили проаналізувати стан і перспективи застосування інформаційних технологій в освітньому процесі.

Результати. Проведено аналіз вимог Європейських стандартів і рекомендацій (ESG) забезпечення якості вищої освіти, на прикладі двох дисциплін «Інформаційні системи та технології» та «Основи моделювання процесів на ПЕОМ», визначено вплив інформаційних технологій на підвищення рівня загальних (інформаційних) компетентностей студентів.

Наукова новизна. Обґрунтовано, що виконання вимог Європейських стандартів і рекомендацій (ESG) якості освіти та вимог студентоцентрованого навчання забезпечує підвищення загальних компетентностей студентів за рахунок поглибленого застосування інформаційних технологій в освітньому процесі.

Практична значимість. Отримано залежності, які дозволили виявити успішність груп за видами робіт та набути студентами загальну (інформаційну) компетентність.

Ключові слова: інформаційні технології (ІТ), Європейські стандарти і рекомендації (ESG) якості освіти, освітній процес, загальна (інформаційна) компетентність.

Вступ. Закон України “Про вищу освіту” від 1.07.2014 р. № 1556-VII [1] передбачає застосування нового якісного підходу до освітніх послуг в суспільстві, насамперед це стосується змін структури освітніх програм, форм і методів організації навчального процесу. Особливого значення при цьому набувають сучасні інформаційні технології, що орієнтовані на оволодіння студентами професійних навичок і підвищення їх компетентностей.

Відповідно до Закону України [2], однією з основних цілей розвитку інформаційного суспільства в країні є використання в системі освіти новітніх інформаційно-комп’ютерних технологій, які є передумовою конкурентоспроможності майбутнього фахівця на внутрішньому і зовнішньому ринку праці. Як доводить європейська практика, такий підхід, дозволяє підняти якість вищої освіти на новий рівень і підготувати висококваліфікованого випускника, який в подальшому володітиме сучасними знаннями, вміннями та навичками вирішення складних виробничих завдань.

Для України одним із перспективних шляхів підготовки компетентнісних фахівців є застосування в освітньому процесі Стандартів і рекомендацій щодо забезпечення якості вищої освіти в Європейському просторі (ESG) («Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area (ESG)»), зосереджених на забезпеченні якості, стосовно навчання і викладання у вищій освіті, включаючи навчальне середовище та відповідні зв’язки з дослідженнями та інноваціями [3] та проекту Тюнінг «Гармонізації освітніх структур в Європі» («Tuning Educational Structures in Europe»), який є основою для розробки освітніх програм, що гарантують набуття якісних знань студентів [4].

Згідно [3], вища освіта спрямована на досягнення багатьох цілей, включаючи підготовку студентів до активного громадянства, до їх майбутньої кар'єри (сприяючи розвитку їх здатності до працевлаштування), підтримку їх особистого розвитку, створення широкої бази передових знань і стимулювання досліджень інновацій, а якість – є результатом взаємодії між викладачами, студентами та навчальним середовищем закладу.

Питаннями впровадження інформаційних технологій в освітній процес займалися: В. Ю. Биков, Г. В. Боднар, О. В. Грицунов, Р. І. Сулейманов, Е. Р. Шаріпова та інші. Зокрема, В. Ю. Биков розкрив значимість інформатизації освіти як для системи освіти України так і для інноваційного розвитку суспільства в цілому [5]; Г. В. Боднар проаналізувала науково-методичні підходи формування у студентів фахової компетентності шляхом застосування нових інформаційно-комунікаційних технологій в навчальний процес [6]; О. В. Грицунов розкрив принципи побудови сучасних баз даних і систем управління базами даних, організації діалогу користувача з інформаційною системою [7]; Р. І. Сулейманов, Е. Р. Шаріпова виявили особливості використання інформаційно-комунікативних технологій у процес підготовки інженерів-педагогів [8].

Таким чином, дослідження пов'язані із застосуванням в освітньому процесі Європейських стандартів якості освіти, шляхом використання інформаційних технологій є актуальними і своєчасними.

Постановка завдання. Міжнародний досвід доводить, що для підвищення якості вищої освіти доцільно застосовувати Європейські стандарти і рекомендації (ESG), в основу яких покладено сучасні принципи інновації освітнього процесу. При цьому одним із основних завдань підвищення якості набутих компетентностей студентів є наскрізне впровадження в освітній процес інформаційних технологій з використанням комп'ютерів та програмних продуктів новітніх поколінь. Метою даної статті є дослідження впливу інформаційних технологій на формування загальних (інформаційних) компетентностей студентів технічних спеціальностей.

Результати дослідження. Протягом останніх п'яти років, на факультеті мехатроніки та комп'ютерних технологій Київського національного університету технологій та дизайну проводяться комплексні дослідження, пов'язані з визначенням і обґрунтуванням методів підвищення рівня якості надання освітніх послуг [9].

Згідно до чинного Закону України “Про вищу освіту”, якість вищої освіти визначається рівнем набутих студентами знань, умінь, навичок, що відображають їх компетентність відповідно до стандартів вищої освіти.

Проведений авторами аналіз Європейських стандартів і рекомендацій (ESG) внутрішнього та зовнішнього забезпечення якості вищої освіти, показав, що основною їх метою є:

1. Стимулювання розвитку вищих навчальних закладів, котрі підтримують активну дослідницьку та освітню діяльність;
2. Допомога у створенні своєї власної культури забезпечення якості;
3. Інформування вищих навчальних закладів, студентів, роботодавців та інших зацікавлених сторін про процеси, що відбуваються у вищій освіті;
4. Сприяння створенню спільної системи поглядів щодо надання вищої освіти та забезпечення її якості в межах Європейського простору.

Проект «Гармонізація освітніх структур у Європі» створений за ініціативою університетів, що має на меті впровадження Болонського процесу і дозволяє запропонувати конкретний підхід до розробки, перегляду, розвитку, впровадження та оцінювання навчальних програм для кожного з освітніх циклів (ступенів). Даний проект базується на застосуванні контрольних опорних точок (точок прив'язки) на рівні предметної області, що дозволяє робити навчальні програми порівнянними, сумісними та прозорими. Так, згідно з проектом Тюнінг, кінцеві результати навчання формулюються як рівень компетентності, якого повинен досягти студент. При цьому компетентності повинні набуватися в усіх навчальних дисциплінах і оцінюватись на різних етапах програми. Зазвичай набуття компетентності відбувається комплексно і циклічно впродовж всієї програми.

Відповідно до Європейських стандартів і рекомендацій (ESG), частина I. (Стандарти та рекомендації щодо внутрішнього забезпечення якості), розділ 1.3 (Студентоцентроване навчання, викладання та оцінювання), передбачає, що однією з головних процедур є оцінювання знань студентів, результати якого, в подальшому впливають на формування необхідних компетентностей і кар'єрний ріст студента [3].

Експериментальні дослідження з визначення впливу інформаційних технологій на рівень загальних компетентностей та результати знань студентів технічних спеціальностей проводилися із залученням студентів першого та третього курсів факультетів: «Технологій, сервісу та моди», «Дизайну» й «Мехатроніки та комп'ютерних технологій», різних технічних напрямів та спеціальностей (табл. 1).

Таблиця 1

Перелік дисциплін та напрямів підготовки студентів використаних у дослідженнях

Назва дисципліни	Напрямок підготовки	Курс
Інформаційні системи та технології	6.051601 Технологія та дизайн текстильних матеріалів	1
	6.051602 Технологія виробів легкої промисловості	
	6.010104 Професійна освіта	
Основи моделювання процесів на ПЕОМ	6.0501002 Метрологія, стандартизація та сертифікація	3

У ході дослідження аналізувались дві дисципліни «Інформаційні системи та технології» та «Основи моделювання процесів на ПЕОМ». Вивчення даних дисциплін формує у студентів сучасні принципи і підходи роботи з інформацією й надає практичні навички для вирішення виробничих питань, пов'язаних з їх майбутньою професією.

Особлива увага приділялася аналізу впливу інформаційних технологій на формування загальних компетентностей (знань, розуміння, навичок та здатності їх застосування), що є невід'ємною частиною вимог Європейських стандартів і рекомендацій вищої освіти. Тому під час розробки навчальних та робочих програм з дисциплін: «Інформаційні системи та технології» та «Основи моделювання процесів на ПЕОМ» враховано, що вивчення цих дисциплін вимагає безперервного використання комп'ютерної техніки з новітнім

програмним забезпеченням, що дозволяє студентам набути навички та вміння у розв'язуванні типових інженерних задач та проводити наукові дослідження під час отримання майбутньої професії.

Слід зазначити, що дисципліни «Інформаційні системи та технології» та «Основи моделювання процесів на ПЕОМ» являють собою дві різні дисципліни, вони викладаються для студентів різних факультетів, які навчаються на різних курсах, тому і задачі використання інформаційних технологій також є різними.

Так, дисципліна «Інформаційні системи та технології» викладається на першому курсі (перший семестр) для студентів, які мають лише навички, отримані ними в школі, тому вона направлена на формування і систематизацію інформаційної грамотності майбутнього фахівця, а саме загальної компетентності – володіння основними методами, способами і засобами отримання, зберігання, переробки інформації, готовності до роботи з комп'ютером як засобом управління інформацією. Такий підхід дає можливість студентам навчитися розуміти поставлені перед ними завдання, аналізувати результати, шукати інформаційні шляхи і методи їх вирішення, застосовуючи при цьому різні пакети прикладних програм. У результаті вивчення дисципліни студенти будуть знати: сутність і мету процесу інформатизації суспільства; структурну схему персонального комп'ютера і призначення основних функціональних блоків; основні характеристики персонального комп'ютера і принципи його роботи; інтегровані пакети прикладних програм; основні можливості професійного офісного пакету: MS Word, MS Excel, MS PowerPoint, MS Access; мову HTML для створення та розробки web-сторінок та ін. Також володітимуть прикладними програмами на рівні користувача і зможуть застосовувати свої знання та навички роботи у подальшому. Наприклад, створення документів й обробка текстової інформації в середовищі MS Word, дозволить їм оптимізувати процес роботи з документообігом; застосування засобів MS Excel дасть можливість проводити експериментальний аналіз даних та інші науково-дослідні роботи; використання інформаційних послуг глобальної мережі Internet – розширить освітній інформаційний простір і наблизить студентів до міжнародних освітніх вимог.

Крім того, набуті практичні навички роботи на сучасних персональних комп'ютерах стануть у нагоді студентам під час вивчення базової дисципліни «Інженерна і комп'ютерна графіка» та під час вивчення фахових дисциплін: «Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва з використанням комп'ютерної техніки», «Проектування технологічних процесів швейного виробництва»; під час написання рефератів, звітів, підготовки курсових та дипломних робіт, виступів на конференціях та ін.

Дисципліна «Основи моделювання процесів на ПЕОМ» викладається на третьому курсі (шостий семестр) для студентів факультету «Мехатроніки та комп'ютерних технологій», вона базується на таких дисциплінах як: «Вища математика», «Фізика», «Обчислювальна техніка та програмування». Під час вивчення цієї дисципліни передбачається набуття студентами необхідних теоретичних знань з питань вивчення основних понять методології та математичного моделювання, формування знань та навичок побудови математичних моделей для розв'язку типових інженерних задач, проведення розрахунків технологічних процесів на ПЕОМ, з використанням сучасних інформаційних технологій на базі застосування пакетів прикладних програмних продуктів для обчислення інженерних задач.

Основним завданням вивчення цієї дисципліни є формування знань і умінь під час розв'язку загальних інженерних задач, пов'язаних з необхідністю розрахунку і моделювання технологічних процесів з використанням математичних пакетів для обчислення на ЕОМ.

У результаті вивчення цієї дисципліни студенти оволодіють наступними загальними компетентностями: знатимуть – принципи моделювання, різновиди моделей, їх класифікацію, методологію математичного моделювання, чисельні методи розв'язання задач, сучасні прикладні пакети програм для моделювання та їх застосування для розв'язання практичних задач (елементи програмування у математичному пакеті MATLAB); вмітимуть – застосовувати отримані теоретичні знання при розв'язанні типових практичних задач, використовуючи при цьому сучасні мови програмування та пакети прикладних програм, обчислювати функції у середовищі MATLAB та знаходити їх оптимальні значення.

Отже, головною стратегічною задачею викладання цієї дисципліни є надання студентам практичних навичок зі створення комп'ютерних моделей (computer model), що описуються за допомогою взаємозалежних комп'ютерних таблиць, схем, діаграм, графіків, малюнків, анімаційних фрагментів, які відбивають структуру та взаємозв'язки між елементами об'єкта чи системи. Застосування комп'ютерних моделей дозволяє фахівцям спостерігати й досліджувати явища й процеси в динаміці їх розгортання; здійснювати багаторазові випробування моделі; одержувати різноманітні кількісні показники в числовому або графічному вигляді.

Також, за допомогою комп'ютерного моделювання можна досліджувати об'єкти та явища, які неможливо або небезпечно відтворювати в реальних умовах, що дозволяє суспільству не лише економити матеріальні ресурси, а й зберігати екологічні умови існування людини, уникати можливих шкідливих або руйнівних наслідків проведення експериментальних випробувань. Таким чином, комп'ютерне моделювання є унікальним інструментом для вирішення безлічі наукових, технічних, економічних та інших задач, і є однією із інноваційних складових Європейських стандартів підвищення якості освіти.

Для адекватного сприйняття студентами отриманих результатів, у ході вивчення дисциплін, на першому занятті їх було ознайомлено з навчальною та робочою програмами, кількістю лабораторних робіт, об'ємом самостійної роботи, критеріями оцінювання їхньої успішності і підсумковим контролем, який у нашому випадку має форму оцінювання – «залік». Відкрита форма оцінювання викликає у студентів стимул до роботи, дає можливість вірно розподілити свої можливості і час, та оволодіти загальними (інформаційними) компетентностями з перелічених дисциплін.

Процедура оцінювання знань студентів складалась із захисту виконаних лабораторних, самостійних, поточних тестових модульних контролів (тмк1, тмк2) та контрольних робіт, оцінювання проводилось за 100-бальною шкалою. Також, під час оцінювання, проводився аналіз набутих студентами загальних компетентностей відповідно до проекту Тюнінг, а саме: здатність до аналізу; вміння застосовувати здобуті знання на практиці; здатність до самонавчання; навички роботи з інформацією; прийняття рішень під час розв'язку задач та робота в команді.

За результатами проведених досліджень, виконано статистичний аналіз даних успішності груп з вивчення дисципліни «Інформаційні системи та технології», обчислено середній бал засвоєння студентами матеріалу, що викладається протягом семестру,

загальний бал успішності груп та кількість студентів на потоці з цієї дисципліни, які отримали бали в межах: 90-100 (відмінно), 74-89 (добре), 60-73 (задовільно), 35-59 (незадовільно). Результати аналізу досліджень наведені у табл. 2, 3.

Таблиця 2

Успішність студентів з дисципліни «Інформаційні системи та технології»
 (складено авторами за власними дослідженнями)

Вид робіт		Лабораторна, самостійна та контрольні роботи студента			тести		Всього
		1-3	4-6	7-8	тмк1	тмк2	
Границя максимально можливих балів (для груп учасників)		30	30	20	10	10	100
Середній бал студентів групи	БПД-15 (17 чол)	21	20	13	7	7	68
	БВ-15 (21 чол)	21	20	14	7	7	69
	БТ-15 (20 чол)	22	21	14	8	8	73
	БПТ-15 (10 чол)	23	22	16	8	8	77
	БПРе-15 (9 чол)	23	23	16	8	8	78
	БШе-15 (18 чол)	24	24	16	8	8	80

На основі даних (табл. 2) побудовано графік успішності перелічених груп з дисципліни «Інформаційні системи та технології» за видом робіт (середній бал), відповідно до границі максимально можливих балів, які можливо було набрати протягом семестру за певними видами виконаних робіт, рис. 1 та графік сумарного середнього балу успішності кожної групи у вигляді гістограми, рис. 2.

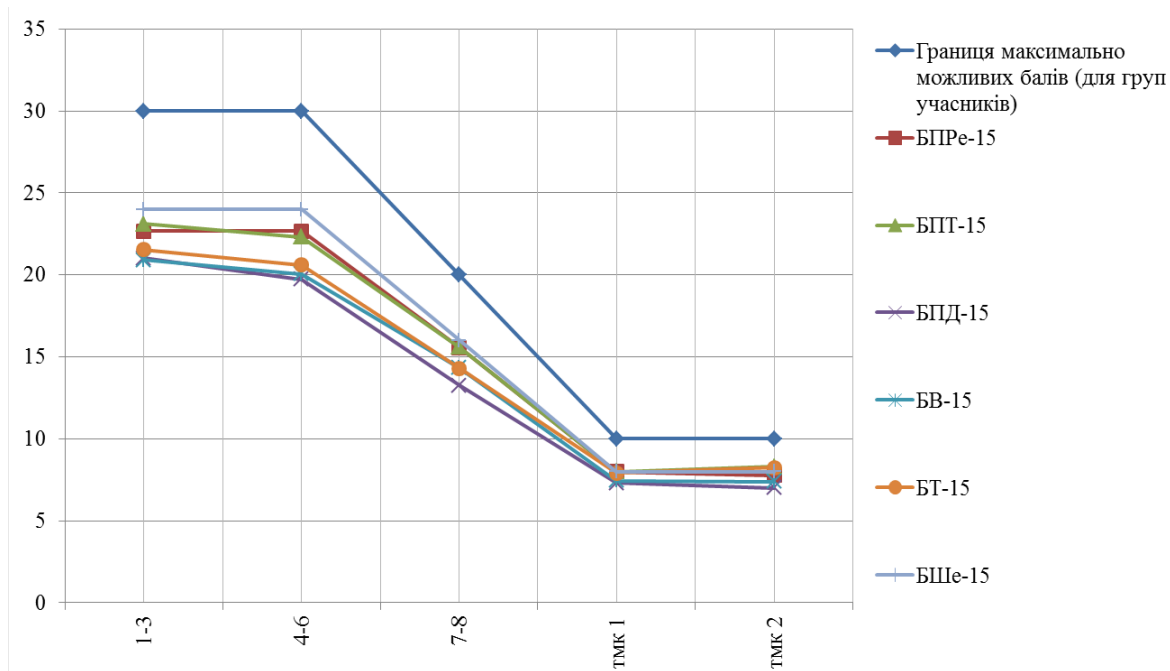


Рис 1. Успішність групи за видами робіт (середній бал)

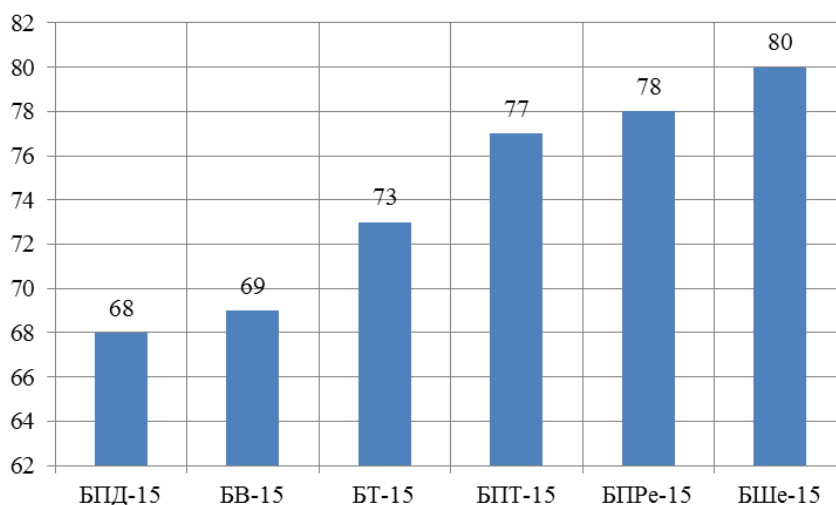


Рис 2. Успішність групи за видами робіт (сумарний середній бал)

За результатами даних (табл. 2) та графіків рис. 1 та рис. 2, найслабшими виявилися студенти груп: БПД-15 та БВ-15, їхні сумарні середні бали роботи протягом семестру виявилися меншими за 70 балів; група БТ-15 наблизилась до межі 74 балів, але їм не вистачило одного балу, добре працювали групи БПТ-15 – 77 балів, БПРе-15 – 78 балів та найкращий результат показала група БШе-15 – 80 балів. Складним у засвоєнні студентами першого курсу виявився матеріал по роботі з табличним процесором MS Excel та роботою з базами даних в MS Access.

Таблиця 3

Кількість студентів на потоці з дисципліни «Інформаційні системи та технології», що отримали оцінки – 5, 4, 3, 2 (складено авторами за власними дослідженнями)

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Кількість студентів в групах, що отримали оцінки в межах суми балів						Всього	
	БПД-15	БВ-15	БТ-15	БПТ-15	БПРе-15	БШе-15	кількість, чол	%
90-100 (відмінно)	0	2	3	2	1	3	11	11,6
74-89 (добре)	8	9	9	7	8	13	54	56,8
60-73 (задовільно)	8	10	8	1	0	2	29	30,5
35-59 (незадовільно)	1	-	-	-	-	-	1	1,1

За даними (табл. 3) побудовано графік кількості студентів на потоці, які отримали оцінки в межах балів: 90-100 (відмінно), 74-89 (добре), 60-73 (задовільно), 35-59 (незадовільно) рис. 3:

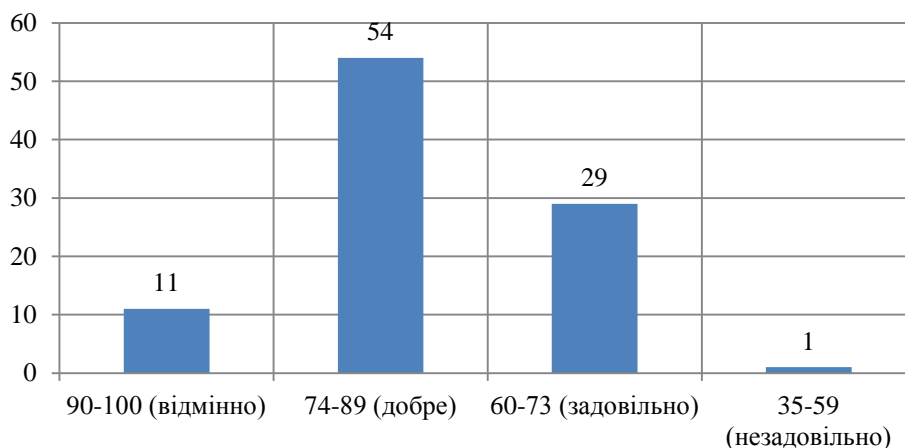


Рис 3. Кількість студентів в групах, що отримали оцінки в межах балів: 90-100 (відмінно), 74-89 (добре), 60-73 (задовільно), 35-59 (незадовільно)

Аналізуючи дані (табл. 3) можна сказати, що на потоці з 95 чоловік отримали оцінки: «відмінно» – 11 чол. (11,6%), «добре» – 54 чол. (56,8%), «задовільно» – 29 чол. (30,5%) і «незадовільно» – 1 чол. (1,1%). Загалом, 68,4% студентів показали гарний результат, 30,5% – задовільний результат та 1,1% – незадовільний, що є досить не погано, враховуючи те, що дисципліна викладається на першому курсі в першому семестрі, тобто базується на знаннях отриманих у школі.

Аналогічно були проведені дослідження для дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ». Результати аналізу досліджень наведені у табл. 4, 5.

Таблиця 4

Успішність студентів з дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ»
 (складено авторами за власними дослідженнями)

Вид робіт	Лабораторна, самостійна та контрольні роботи студента		тести		Всього	
	1-3	4-6	тмк1	тмк2		
Границя максимально можливих балів (для груп учасників)	40	40	10	10	100	
Середній бал студентів групи	БМст-12 (14 чол)	33	35	9	9	86

На основі даних (табл. 4) побудовано графік успішності групи БМст-12 з дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ» відповідно до границі максимально можливих балів певного виду робіт, рис. 4.

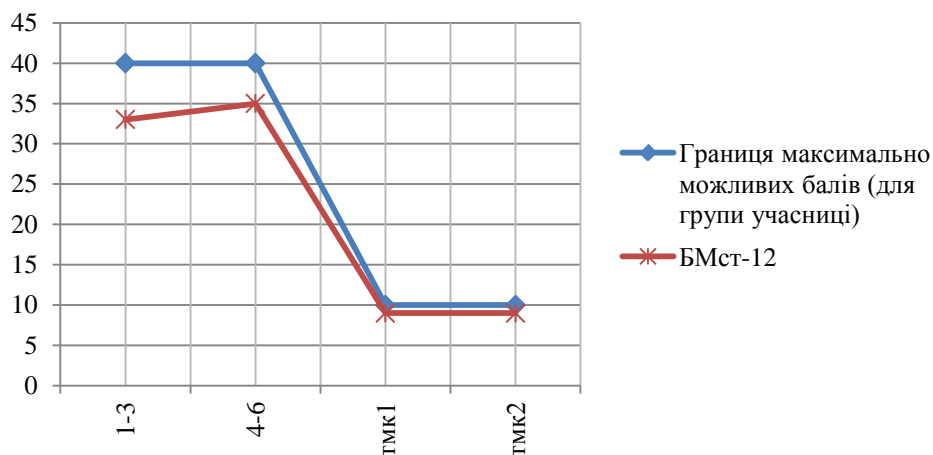


Рис 4. Успішність групи за видами робіт (середній бал)

Таблиця 5

Кількість студентів на потоці з дисципліни «Основи моделювання процесів на ПЕОМ», що отримали оцінки – 5, 4, 3, 2 (складено авторами за власними дослідженнями)

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Кількість студентів групи, що отримали оцінки в межах суми балів	Всього	
	БМст-12	кількість, чол	відсоток
90-100 (відмінно)	9	9	64,3%
74-89 (добре)	4	4	28,6%
60-73 (задовільно)	1	1	7,1%
35-59 (незадовільно)	0	0	0%

На основі даних (табл. 5) побудовано графік кількості студентів в групі БМст-12, що отримали оцінки в межах суми балів: 90-100 (відмінно), 74-89 (добре), 60-73 (задовільно), 35-59 (незадовільно) рис. 5.

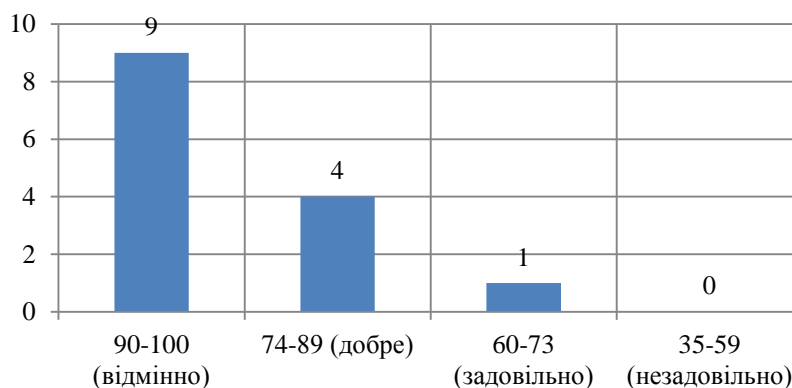


Рис 5. Кількість студентів в групі БМст-12, що отримали оцінки в межах суми балів: 90-100 (відмінно), 74-89 (добре), 60-73 (задовільно), 35-59 (незадовільно)

Аналізуючи дані (табл. 5), можна сказати, що на потоці з 14 чоловік отримали оцінки: «відмінно» – 9 чол. (64,3%), «добре» – 4 чол. (28,6%), «задовільно» – 1 чол. (7,1%) і «незадовільно» – 0 чол. (0%). Загалом, 92,9% студентів третього курсу показали гарний результат, що є досить високим показником.

Як видно з наведеного вище, студенти третього курсу, порівняно зі студентами першого курсу, краще сприймають матеріал, що викладається. Перш за все це пов'язано з накопиченою базою знань, особливо у сфері вищої математики, фізики, обчислювальної техніки та програмування, які необхідні для оволодіння дисципліною, яка викладається, більшою кількістю годин для лекцій та проведення лабораторних занять, а також меншою кількістю студентів на потоці, не зважаючи на те, що студенти третього курсу краще сприймають лекційний матеріал та вміють самостійно працювати.

Студенти першого курсу (в першому семестрі) тільки набувають навичок сприйняття лекційного матеріалу та виконання лабораторних і самостійних робіт, вони також не в повному обсязі володіють знаннями з таких дисциплін, як вища математика, фізика, знання яких використовуються під час вивчення дисципліни «Інформаційні системи та технології».

Таким чином, як показують проведені дослідження, для підвищення рівня засвоєння загальних (інформаційних) компетентностей студентів технічних спеціальностей доцільно застосовувати практику наскрізного впровадження інформаційних технологій у вивчення супутніх дисциплін, за рахунок досконалого вивчення дисципліни «Інформаційні системи та технології». Такий підхід дозволяє сформувати загальні (інформаційні) компетентності у майбутніх спеціалістів, які відповідають стандартам і рекомендаціям щодо забезпечення якості вищої освіти Європейського простору, проекту Тюнінг і вимогам Закону України «Про вищу освіту».

Висновки. Наскрізне використання інформаційних технологій дозволить підвищити рівень засвоєння загальних (інформаційних) компетентностей студентів, що у свою чергу наблизить освітній процес до вимог Європейських стандартів і зробить майбутніх фахівців більш конкурентоспроможними на внутрішньому і зовнішньому ринку праці, розширить світоглядне бачення навколишньої дійсності як відкритої інформаційної системи.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про вищу освіту» // Закон від 28.12.2014 №76 – VIII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.
2. Закон України «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007 – 2015 роки» від 9.01.2007 р. № 537 – V [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/537-16>.
3. Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти (ESG) – К.: ТОВ «ЦС», 2015. – 32 с.
4. Tuning Educational Structures in Europe [Electronic resources]. – Access mode: <http://www.unideusto.org/tuningeu>.
5. Засоби інформаційно-комунікаційних технологій єдиного інформаційного простору системи освіти України: [монографія] / [В. Ю. Биков, В. В. Лапінський, А. Ю. Пилипчук, М. П. Шишкіна та ін.]; за ред. проф. В. Ю. Бикова – К.: Педагогічна думка, 2010. – 160 с.

6. Боднар Г. В. Впровадження інформаційних технологій (ІТ) у навчальний процес як запорука фахової компетентності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.stationline.org.ua/obraz/33/2250-vprovadzheniya-informacijnix-technologij-it-u-navchalnij-proces-yak-zaporuka-faxovo%D1%97-kompetentnosti.html>.

7. Грицунов О. В. Інформаційні системи та технології : навч. посіб. для студентів за напрямом підготовки «Транспортні технології» / О. В. Грицунов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 222 с.

8. Сулейманов Р. І. Використання інформаційних технологій і інформаційно-комунікативних технологій у навчальному процесі підготовки інженерів-педагогів. / Р. І. Сулейманов, Е. Р. Шаріпова. // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». – 2013. – №11. – С. 139–144.

9. Хімичева Г. І. Застосування стандартів ДСТУ ISO 9001:2016 для побудови систем управління якістю ВНЗ. / Г. І. Хімичева, Ж. В. Сокотун // К.: Вісник КНУТД. – 2015. № 4 (88). – с. 138 – 144.

ПРИМЕНЕНИЕ ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОБЩИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

ВОЛИВАЧ А.П., ХИМИЧЕВА А.И.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование влияния информационных технологий на формирование общих (информационных) компетентностей студентов технических специальностей.

Методика. Теоретической основой исследований есть методы систематизации и анализа, которые позволили проанализировать состояние и перспективы сквозного применения информационных технологий в образовательном процессе.

Результаты. Проведено анализ требований Европейских стандартов и рекомендаций (ESG) обеспечения качества высшего образования, на примере двух дисциплин «Информационные системы и технологии» и «Основы моделирования процессов на ПЭВМ», определено влияние информационных технологий на повышение уровня общих (информационных) компетентностей студентов.

Научная новизна. Обосновано, что выполнение требований Европейских стандартов и рекомендаций (ESG) качества образования и требований студентоцентрированного обучения обеспечивает повышение общих компетентностей студентов, за счет углубленного применения информационных технологий в образовательном процессе.

Практическая значимость. Получены зависимости, которые позволили выявить успеваемость групп по видам работ и приобретенную студентами общую (информационную) компетентность.

Ключевые слова: *информационные технологии (ИТ), Европейские стандарты и рекомендации (ESG) качества образования, образовательный процесс, общая (информационная) компетентность.*

EUROPEAN STANDARDS OF QUALITY EDUCATION FOR INCREASING STUDENTS' OVERALL COMPETENCE

VOLIVACH A.P., KHIMICHEVA A.I.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. To investigate the information technologies influence on forming the general (information) competence of technical specialties students.

Methodology. The theoretical basis of research is the systematization methods that allow analyzing the situation and prospects of information technology in the educational process.

Results. The analysis of the European standards of quality assurance requirements has been carried out on the example of two disciplines: «Information systems and technologies» and «Basis of PC processes modeling», the influence of information technologies on students' general (information) competence has been determined.

Originality. It has been proved that keeping European standards and recommendations (ESG) concerning quality of education and student-centered learning requirements provide the increasing of general students' competences by in-depth using of informational technologies in educational process.

Practical value. The dependencies that revealed the groups' success according to the types of work as well as the acquired general (information) competence.

Keywords: information technologies (IT), European standards and guidelines (ESG) quality of education, education, general (information) competence.

УДК 658. 62. 018. 2:687

СФРЕМЕНКОВА Н. А.

Київський національний університет технологій та дизайну

ОЦІНКА ЯКОСТІ ЯК СКЛАДОВА КОМПЛЕКСНОГО ПІДХОДУ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ

Мета. Стаття має за мету визначення ефективних шляхів досягнення високого рівня якості швейних виробів для нароцзування виробництва вітчизняної продукції та забезпечення імпортозаміщення.

Методика. Дослідження шляхів досягнення високого рівня якості продукції швейних підприємств базувалось на використанні загальнонаукових методів дослідження, таких як спостереження, опис; теоретичних, таких як аналіз, узагальнення, систематизація, класифікація.

Результати. Визначено чинники досягнення ефективності в діяльності вітчизняних швейних підприємств, підкреслено важливість впровадження діяльності з оцінки якості продукції в якості індикатора відповідності продукції найкращим світовим зразкам, інструмента підвищення рівня якості продукції вітчизняних виробників, стимулу для інновацій в промисловій сфері.

Наукова новизна. Запропоновано використання системи оцінки якості продукції порівняно з найкращими зарубіжними аналогами для здійснення ефективного імпортозаміщення.

Практична значимість. Використання постійно діючої системи оцінки якості продукції вітчизняними підприємствами сприяє впровадженню інноваційних технологій з метою досягнення відповідності рівня якості вітчизняних товарів найкращим зарубіжним аналогам.

Ключові слова: оцінка якості продукції, рівень якості продукції, експертний метод, диференційний метод, комплексний метод.

Вступ. Високий рівень якості продукції є запорукою її конкурентоспроможності. В той же час, забезпечення високого рівня конкурентоспроможності дозволяє сучасним підприємствам досягти комерційного успіху за умови прогнозування та задоволення потреб споживачів, одночасно забезпечуючи зростання добробуту суспільства. Таким чином, належний рівень управління якістю на підприємствах є суттєвим важелем соціально-економічного розвитку України. Підвищення ефективності управління якістю досліджувалось та продовжує досліджуватись багатьма науковцями світу. Проблема підвищення якості розглядається з точки зору національного, політичного, економічного, соціального, науково-технічного та організаційного аспектів.

Попереднє дослідження проблеми підвищення рівня якості швейної продукції в Україні дозволило встановити, що варто вивчати позитивний досвід підприємств, які працюють в умовах толінгу [1]. Важливо впроваджувати ефективні та корисні елементи їх діяльності: використання ідентифікації матеріалів, комплектуючих, пакування для подальшої ідентифікації продукції; здійснення внутрішньогосподарського контролю. Аналіз шляхів зниження витрат показав, що удосконалення процесу моделювання, проектування, конструювання одягу з використанням комп'ютерної техніки дозволяє знизити терміни підготовки моделей, підвищити рівень якості розгортки виробів, знизити витрати на їх

виготовлення. Сучасні системи автоматизованого проектування одягу забезпечують збільшення продуктивності праці вдвічі, зменшуючи тим самим собівартість продукції при високому рівні якості.

Постановка завдання. Метою статті є подальше дослідження проблеми суттєвого зростання рівня якості швейних виробів вітчизняних підприємств, шляхів створення потенціалу вітчизняних підприємств для забезпечення імпортозаміщення завдяки нарощуванню випуску конкурентоспроможної вітчизняної продукції.

Результати дослідження. Дослідження причин занепаду українського ринку одягу Українською маркетинговою групою показало незадоволеність 45% вітчизняних споживачів невідповідністю критерію ціна / якість, 37% вітчизняних споживачів – низькою якістю продукції; 31% споживачів зазначили, що асортимент одягу вузький, 14% споживачів вважають, що асортимент одягу не відповідає тенденціям моди. Майже третина опитаних респондентів незадоволена відсутністю мережі магазинів, де можна придбати вітчизняну продукцію [2]. На внутрішньому ринку України фактично відбувається заміщення вітчизняної продукції легкої промисловості, орієнтованої на споживача, імпортними аналогами. Одяг, що випускається вітчизняними підприємствами, за оцінками Української асоціації підприємств легкої промисловості, займає лише 10-15 % ринку. Зрозуміло, що така ситуація є неприйнятною для держави та потребує кардинальної зміни. Найбільш реальні перспективи вітчизняної економіки суттєво пов'язані з розвитком внутрішнього ринку, намаганням задовольнити потреби внутрішнього ринку за рахунок власного виробництва товарів, що дозволить зменшити імпорт. Системність, комплексність державної політики щодо розвитку внутрішнього ринку і стимулювання імпортозаміщення має стати платформою для рушійних змін в галузі легкої промисловості [3].

В свою чергу, швейні підприємства України мають наполегливими зусиллями сприяти покращенню ситуації на ринку, створюючи конкурентоспроможну продукцію та забезпечуючи собі сталий розвиток. Ланцюжком, що пов'яже високий технологічний рівень якості швейних виробів та сучасні вимоги споживачів до продукції може стати впровадження діяльності з оцінки якості продукції.

На сьогоднішній день термін «оцінка» як правило згадується в зв'язку з оцінкою відповідності якості продукції. Згідно Закону України «Про підтвердження відповідності», оцінка відповідності – це процес, який демонструє, що встановлені вимоги щодо продукції, процесу, послуги, системи, особи чи органу були виконані, а процедура оцінки відповідності прямо чи опосередковано використовується для визначення того, чи виконуються встановлені вимоги у відповідних технічних регламентах чи стандартах. Процедури оцінки відповідності включають процедури відбору зразків, випробування, здійснення контролю, оцінку, перевірку, реєстрацію, акредитацію та затвердження, а також їх поєднання [4]. Таким чином, сутність терміну «оцінка відповідності» розкриває відповідність показників якості продукції змісту технічних регламентів та стандартів, стосується продукції, що вже випускається підприємством.

Сутність же терміну «оцінка якості» передбачає встановлення рівня якості продукції у порівнянні з базовим зразком, що обрано в якості еталону. Вибір еталону здійснюється з урахуванням існуючої матеріально-технічної бази підприємства, можливості втілення

інновацій у виробництво, сучасних тенденцій в області естетики, ергономіки, екології. Правильний вибір еталону дає можливість суттєво наблизитись до світового рівня конкурентоспроможної продукції, даючи поштовх для розвитку власного підприємства.

Таким чином, маючи за мету реально здійснити імпортозаміщення, отримати продукцію, що здатна наблизитись до кращих імпорتنих зразків, швейні підприємства України мають системно підійти до впровадження постійно діючої системи оцінки якості та споживчих показників вітчизняної продукції порівняно з найкращими зарубіжними аналогами. Оцінка якості, як процес, може стати для підприємства базою майбутнього фінансового успіху за умови залучення для її проведення висококваліфікованих спеціалістів підприємства.

Інформація для здійснення оцінки якості може отримуватись різними шляхами. Методи отримання інформації для оцінки якості продукції є аналітичними. Ними є експертний, соціологічний, експериментальний, розрахунково-інструментальний. Вони є підґрунтям для визначення рівня якості продукції, формування та формулювання висновків за результатами проведеного дослідження. Вибір методів оцінки показників споживчих властивостей, кількісної та якісної їх характеристики залежить від мети оцінки, специфіки товару, номенклатури показників споживчих властивостей та конкретних умов оцінки.

Опитування експертів, що обираються для здійснення оцінки якості, є дослідженням точки зору професіоналів, які працюють не менше 10 років та мають високу кваліфікацію технолога, конструктора, інженера в швейній галузі. Результати таких досліджень дадуть інформацію стосовно вагомості показників споживчих властивостей, що розглядаються; фактичного стану рівня якості продукції, що випускається підприємством та обраного зразка - еталона.

Враховуючи сучасні тенденції та реалії ринку, а саме можливість фінансового успіху підприємства за умови його активної діяльності з метою завоювання лояльності споживачів, варто підкреслити важливість використання різноманітних методів вивчення уподобань споживачів. Одним з найбільш результативних методів визнається опитування. Чинником, що свідчить на користь анкетування споживачів є той факт, що суб'єктивність думки виробника стосовно рівня якості власної продукції часто не підтверджується отриманням належних прибутків. До того ж, як показує практика, результати опитування споживачів часто стають неочікуваними для дослідників. Ефективність вивчення думки споживачів стосовно рівня якості продукції, що досліджується, залежить від професійно складеної анкети по формі та змісту, правильно визначеного споживацького сегменту. Доцільно включати в анкету питання стосовно хімічного складу текстильних матеріалів, силуету, стилю, крою деталей, оздоблювальних елементів. Враховуючи залежність попиту на швейну продукцію від відповідності пануючому стилю та напрямкам моди, отримані результати дослідження споживчих уподобань мають невідкладно впроваджуватись у виробництво. В той же час, маркетингові структури швейного підприємства мають активно відслідковувати модні тенденції в світі, підбираючи для власного підприємства сучасні зразки продукції, що мають стати прототипами для імпортозаміщення.

Дані, необхідні для планування виробничих програм підприємства, можна отримувати також за результатами експериментів, що мають проводитись з залученням споживачів

продукції. Такі експерименти можуть стосуватися дослідження ергономічних властивостей продукції, а також зносостійкості. Корисними є використання необхідних інструментальних вимірів, розрахунків, використання типових формул, таблиць, побудова оціночних шкал, залежностей.

Методи отримання інформації (експертний, соціологічний, експериментальний, розрахунково-інструментальний) є підґрунтям для оцінки якості продукції, а саме – визначення рівня якості продукції, формування та формулювання висновків за результатами проведеного дослідження. Рішення про застосування методу оцінки якості – диференційного, комплексного або змішаного, приймається з урахуванням необхідності забезпечити його проведення в задані виробничою необхідністю терміни, а також можливістю отримати максимально точні та повні результати.

Диференційний метод визначення рівня якості виробу наглядно демонструє показники якості товару, за якими він суттєво відрізняється від обраного базового зразка. Цей метод варто проводити у випадках, коли достатньо провести порівняння рівня якості досліджуваної продукції і базового зразка лише за окремими показниками. Диференційний метод дозволяє визначити, за якими показниками досліджуваний товар випереджає або відстає від базового зразка. Цей метод оцінки рівня споживних показників якості може застосовуватися на всіх етапах життєвого циклу товару – від проектування до споживання. Якщо відносні показники якості більші або дорівнюють одиниці, то рівень якості оцінюваного товару вищий або рівний базовому зразку і, навпаки, якщо вони менші за одиницю, то оцінюваний товар має нижчий рівень якості від базового зразка.

Комплексний метод має застосовуватися в тих випадках, коли необхідно представити рівень якості товару одним узагальненим показником, що вміщує в собі функції одиничних показників якості. Узагальнюючий показник якості товару може бути виражений головним показником, що віддзеркалює основне призначення товару або інтегральним показником якості, який дозволяє врахувати економічний ефект від споживання або ціну споживання при загальному кінцевому результаті. Інтегральний показник якості може бути представленим як середньозважений показник якості. Інтегральний показник рівня якості товару характеризує економічний ефект від підняття якості тих чи інших споживних властивостей товару. Суть його полягає у відношенні підсумкового сумарно-корисного ефекту від споживання товару до суми витрат на його створення і експлуатацію. Підсумковий корисний ефект може бути представлений як головним показником, так і середньозваженим показником рівня якості товару, а сума витрат на створення і експлуатацію товару може бути підрахована за методиками, викладеними у відповідних нормативних документах або за фіксацією витрат у період експлуатації. Маючи можливість скористатися послугами висококваліфікованого експерту, підприємство може обмежитись експрес-методом, під яким розуміють визначення комплексного показника рівня якості шляхом аналізу значень окремих показників якості, зовнішнього вигляду товару без попередньої їх оцінки і встановлення коефіцієнтів вагомості. Але спеціалісти високого класу, безумовно, все одно враховують важливість окремих показників, їх взаємозв'язок, розглядають якість як складну систему, використовуючи знання, пам'ять і надбаний досвід.

Висновки. Ситуація на внутрішньому ринку України, коли його насичення фактично

відбувається за рахунок заміщення вітчизняної продукції легкої промисловості на імпортні аналоги, є неприйнятною для держави та потребує пошуків шляхів її виправлення. Пошук резервів для імпортозаміщення продукції та їх реалізація дозволять створити нові робочі місця, використати місцеві ресурси, розвивати власні підприємства, підвищувати рівень конкурентоспроможності продукції, підприємства, країни в цілому. Вітчизняні товари, що мають витіснити з ринку імпортні та опанувати внутрішній ринок, повинні відповідати світовому техніко-економічному рівню, найкращим світовим зразкам. Оцінка якості товарів має стати індикатором відповідності продукції найкращим світовим зразкам, інструментом підвищення рівня якості продукції вітчизняних виробників, стимулом для інновацій в промисловій сфері.

Перспективами подальших досліджень шляхів підвищення рівня якості продукції, рівня її конкурентоспроможності є впровадження системи моніторингу споживацького попиту на базі фірмових магазинів вітчизняних виробників, а також дослідження ефективних інструментів розробки та впровадження інноваційної продукції з поліпшеними якістьми.

Список використаної літератури

1. Єфременкова Н.А., Байдак Т.В. Шляхи підвищення якості швейних виробів в умовах толінгу // Вісн. КНУТД. – 2015. – №1 (83), С. 59-65.
2. Промислова політика посткризової економіки: кол. монографія / [Дейнеко Л.В., Якубовський М.М., Шелудько Е.І. та ін.]; за ред. д-ра екон. наук, проф. Л.В. Дейнеко; за ред. д-ра екон. наук, проф. М.М. Якубовського; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогноз. НАН України» – К., 2014. – 316 с.
3. Пріоритети політики імпортозаміщення у стратегії модернізації промисловості України. – К.: НІСД, 2012. – 71 с.
4. Закон України «Про підтвердження відповідності» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 32, ст. 169) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2406-14>.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КАК ЭЛЕМЕНТ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЕФРЕМЕНКОВА Н. А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель статьи состоит в нахождении эффективных путей достижения высокого уровня качества швейных изделий для наращивания производства отечественной продукции и обеспечения импортозамещения.

Методика. Исследование путей достижения высокого уровня качества швейных изделий осуществлялось при помощи общенаучных методов исследования, таких, как наблюдение, описание; теоретических, таких, как анализ, обобщение, систематизация, классификация.

Результаты. Установлены факторы достижения эффективности в деятельности отечественных швейных предприятий, подчеркнута важность внедрения деятельности по оценке качества продукции в качестве индикатора соответствия продукции лучшим

мировим образцям, інструмента підвищення рівня якості продукції отечественних виробників, стимула для інновацій в промисловій сфері.

Научная новизна. Предложено использование системы оценки качества продукции в сравнении с лучшими зарубежными аналогами для осуществления эффективного импортозамещения.

Практическая значимость использования постоянно действующей системы оценки качества продукции отечественными предприятиями способствует внедрению инновационных технологий с целью достижения соответствия уровня качества отечественных товаров лучшим зарубежным аналогам.

Ключевые слова: *оценка качества продукции, уровень качества продукции, экспертный метод, дифференциальный метод, комплексный метод.*

QUALITY CONTROL AS A FACTOR OF COMPREHENSIVE APPROACH TO IMPROVE GARMENTS QUALITY

IEFREMENKOVA N.A.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. The goal of the article is to identify the effective ways of achieving high quality of garments in order to increase domestic manufacturing and support import substitution.

Methodology. The study of the ways of achieving high quality of garments in toll manufacturing is conducted by applying both general scientific methods, such as observation and description, and theoretical methods, such as analysis, generalization, systematization and classification.

Findings. Factors of achieving domestic manufacturing efficiency were identified. Highlighted importance of implementing products quality controls as an indication of quality conformity to the world's best samples and driving force to improve domestic products quality, and incentive to innovation in manufacturing.

Scientific novelty (originality). Suggested implementation of continuous approach for controls of domestic products quality characteristics compared to the world's best practice in order to ensure import substitution.

Practical value. Continuous approach of domestic products quality characteristics control contributes to incentive to innovation in manufacturing and indication of quality conformity to the world's best samples.

Key words: *products quality control, products quality characteristics, expert method, differential method, complex method.*

УДК 677.025.1:677.025.6

РОМАНЮК Є.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

В'ЯЗАНІ СІТКИ ДЛЯ ХІРУРГІЇ

Мета. Розробка структури в'язаних сіток, що використовуються для алопластики грижових перерізів.

Методика. Використано метод аналізу та синтезу наукової літератури у сфері хірургії та виготовлення основов'язаних сіток. Використано основні положення аналізу та проектування трикотажних полотен, теорії в'язання та будови трикотажу.

Результати. Розроблена структура та запропоновані заправні дані для вироблення сітчастого основов'язаного полотна комбінованого переплетення з поліпропіленових монопіток. Визначено геометричну модель розробленої структури та формулу для розрахунку довжини нитки у петлі розробленого переплетення.

Наукова новизна. Розроблено структуру в'язаних сіток, що використовуються для алопластики грижових перерізів. Встановлено зв'язок між довжиною нитки в петлі, петельним кроком, висотою петельного рядка і товщиною нитки.

Практична значимість. Можливість налагодження вітчизняного виробництва в'язаних сіток для алопластики грижових перерізів.

Ключові слова: алопластики грижових перерізів, подвійне основов'язане полотно, комбіноване переплетення, поліпропіленова нитка.

Вступ. На сьогоднішній день у світовій медицині спостерігається впровадження нових технологій у клінічну практику. У нашій країні відбуваються відкриття світового значення за участю спеціалістів різних галузей. Як приклад, можна навести принцип та механізм електрозварювальної хірургії, розроблений фахівцями Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона та схвалений медичною спільнотою [1]. Але для широкого впровадження в нашій країні таких сучасних методів хірургії необхідні значні кошти. Таким чином, розробка та вдосконалення нових текстильних хірургічних матеріалів, як то хірургічні нитки або алопластичні сітки, лишаються актуальними.

Проблема грижової хвороби не втрачає актуальності на теперешній час [2]. Алопластика поліпропіленовими сітками міцно зайняла лідируючі позиції у герніології та виконується у більшості хірургічних стаціонарів [3], значно знижуючи число рецидивів [4].

Серед усіх хірургічних операцій грижові займають друге місце за кількістю. За рік на території України проводиться близько 90 тисяч грижеперерізів. У світовій практиці набув поширення метод грижеперерізу з використанням алопластичних текстильних матеріалів. В процесі операції на розріз накладається сітка і закріплюється спеціальними скобами. Імплантована сітка утримує орган в фіксованому положенні і слугує каркасом для вrostання з'єднувальної тканини.

Постановка завдання. Ще на початку 20 століття починалися спроби використовувати сітки алопластики грижових перерізів. Сьогодні доведено, що сітки, виготовлені у трикотажний спосіб, не деградує і не втрачають міцності під дією тканинної рідини, укріплюють м'які тканини і надають їм додаткової міцності під час і після заживлення. Легке запалення, викликане її присутністю, лише допомагає формуванню тонкого шару фіброзної тканини. Цей шар, який проростає в чарунки сітки, практично втягує її в рубець, що утворюється. Сітка при цьому залишається м'якою та пружною, не

порушуючи нормального процесу заживлення. Переплетення забезпечує сітчастому протезу високу міцність, стійкість поверхневих розмірів, не розпускається і не обтріпується з країв [2-7]. Основною проблемою виготовлення сіток для хірургії лишається правильний вибір структури полотна.

Результати дослідження. Серед усіх видів найбільш прийнятним переплетенням для виготовлення сіток для алопластики гризових перерізів є основов'язане полотно. Сітка, виготовлена з такого полотна, не змінює свої властивості, може мати чарунки такого розміру, який сприяє формуванню шару фіброзної тканини.

Для проектування сітки обрано комбіноване переплетення з повною проборою гребінок, де кожна петля полотна утворена з двох ниток відповідно першої і другої гребінки. Обраний вид переплетення відповідає всім необхідним вимогам, що висуваються медициною. Фото переплетення наведено на рис. 1.

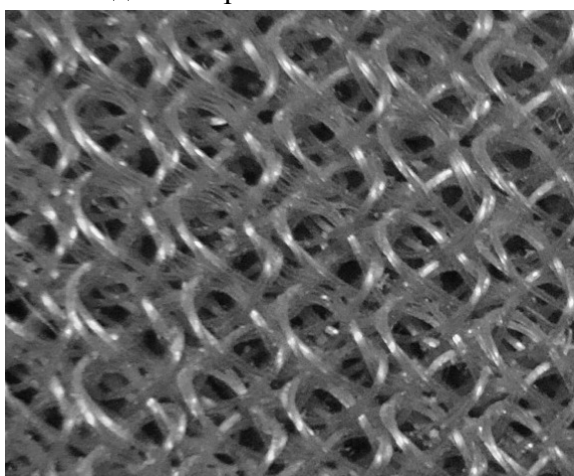


Рис.1. Фото переплетення

Переплетення має структуру з необхідною кількістю та площею чарунок. Площа отворів дорівнює $1,05 \text{ мм}^2$, площа чарунок (отвір з перегородкою) відповідно $1,49 \text{ мм}^2$. Край сітки даного переплетення не осипається і не розпускається. Полотно не закручується з країв, має необхідну масу і поверхневу густину.

У графічному записі на рис. 2 показана послідовність прокладання нитки кожною з гребінок.

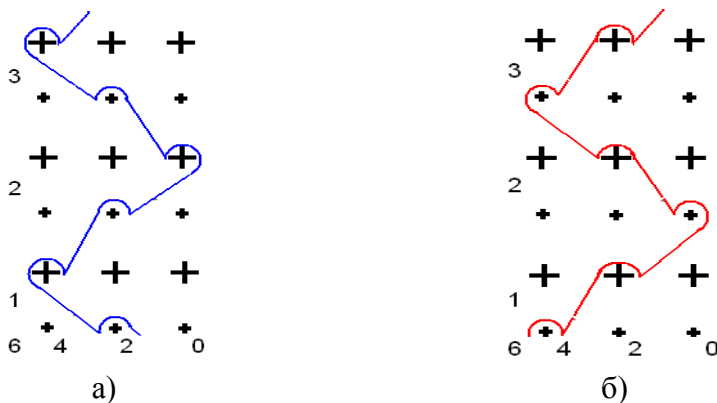


Рис. 2. Графічний запис комбінованого переплетення

Для першої гребінки (рис. 2, А) рапорт переплетення за шириною $R_b = 3$, за довжиною $R_h = (2)2$. Рапорт за шириною другої гребінки (рис. 2, Б) - $R_b = 3$, за довжиною $R_h = (2)2$. За усією шириною полотна першої та другої гребінки повна приборка. За лінією руху нитки в графічному запису визначають чергування ланок в програмі. Аналітичні записи першої та другої гребінок представлено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Аналітичний запис переплетення

Гребінка	№ рядка	Передня голичниця	Задня голичниця
Передня	1	2 – 4	6 – 4
	2	4 – 2	0 – 2
	3	2 – 4	6 – 4
Задня	1	6 – 4	4 – 2
	2	0 – 2	2 – 4
	3	6 – 4	4 – 2

Сировиною для виготовлення даної сітки слугує поліпропіленова нитка, яка володіє усіма необхідними для хірургічних виробів властивостями: є абсолютно негігроскопічною, має високу стійкість до дії води, хімічних речовин і мікроорганізмів, практично абсолютно інертна. Поліпропіленові нитки мають необхідну термостійкість, відрізняються пружністю і стійкістю до зношування, незначною вагою. До недоліків поліпропіленової мононитки можна віднести жорсткість [7].

При в'язанні основов'язаного переплетення, петлі якого утворюються з ниток двох гребінок, великий вплив на положення ниток в петлі мають такі фактори як величина і напрямлення зсуву гребінок за голками і перед ними, тип петель (відкриті чи закриті), положення гребінок відносно голок, натяг ниток, тертя ниток об голку, що має важливе значення при розрахунку довжини нитки в петлі.

Зв'язок між довжиною нитки в петлі, петельним кроком, висотою петельного рядка і товщиною нитки може бути виражений з використанням різноманітних геометричних моделей петель трикотажу. Найбільш універсальним методом вважається метод визначення взаємозв'язку, запропонований професором А.С. Далідовичем. За його методом нитка, що утворює петлю, приймається за просторову криву.

Розглянувши геометричну модель цього переплетення визначаємо, що у структурі даного трикотажу знаходяться по чотири різновиди петель з ниток, прокладених гребінками Г1 і Г2. Для визначення середньої довжини нитки в петлі представимо кожен окрему петлю як відрізок нитки у просторі за тих же умов, що й у полотні. Маються на увазі сили, які діють на цей відрізок і згинають його. За результатами проведеного аналізу структури переплетення було розроблено формулу для розрахунку довжини нитки у петлі даного переплетення:

$$l = \pi \cdot A + \pi \cdot B + 12\pi d + \sqrt{2A^2 + (M - 4d)^2} + \sqrt{(M - 4d)^2 + A^2}, \quad (1)$$

де d - середній діаметр нитки в петлі, мм;

A, B - відповідно петельний крок і висота петельного рядка, мм.

M - товщина трикотажу, мм.

Зв'язок між параметрами петельної структури трикотажу, розрахований за отриманою формулою, було перевірено експериментально, використовуючи статистичні методи. За результатами експерименту визначено, що розбіжність між розрахунковими та експериментальними значеннями знаходиться у межах норми.

Комплекс питань і задач, які виникають при створенні виробів для хірургії, дуже великий і складний. Успішний їх розв'язок неможливий без тісної співпраці вчених різних спеціальностей і без розуміння інженерами і хіміками біологічних і медичних задач, а медиками - виникаючих технічних, хімічних і фізико-механічних проблем. Немає сумніву, що творча співпраця лікарів, інженерів і хіміків дозволить зберегти і подовжити життя хворих.

Висновки. Найбільш поширеним в якості алотрансплантату знайшла поліпропіленова сітка, перевагами якої є: монофіломентність матеріалу, підтримка розвитку міцного слою рубцевої тканини, можливість залишати матеріал у рані у випадку його інфікування і подальшого заживлення рани. Саме він зарекомендував себе як матеріал, що володіє необхідною інерцією і достатньою міцністю. Цей матеріал викликає реакцію тканини, необхідну для утворення міцного рубця, що важливо при алопластиці гриж.

Основов'язане полотно, що досліджувалось, майже не піддавалося розпусканню, що обумовлено вибраним переплетенням. Ця характеристика в даному випадку дозволяє зробити висновок про належну придатність полотна для використання. Отримана формула для визначення довжини нитки у петлі дозволяє провести розрахунок витрат сировини.

Проаналізувавши все вище сказане можна зробити висновок, що дана в'язана сітка має необхідні властивості, які не поступаються властивостям сіток, що вже використовуються в медичній практиці. Єдиним недоліком полотна можна вважати його дещо завелику товщину, але зважаючи на всі інші позитивні характеристики слід прийняти його за незначний. виправити цей недолік може вдосконалення обладнання.

Список використаних джерел

1. Електрозварювальна хірургія — українське ноу-хау у світовій медицині [електронний ресурс]/ Устінов Олександр// Специализированное медицинское интернет-издание для врачей, провизоров, фармацевтов, студентов медицинских и фармацевтических вузов – 2011. Режим доступа: <http://www.umj.com.ua/article/11173>.
2. Егиев В.Н. Герниопластика без натяжения тканей в лечении послеоперационных вентральных гриж / В.Н. Егиев, М.П. Рудакова, М.В. Сватковский // Хирургия. – 2000. – №6. – С. 18–22.
3. Жебровский В.В. Хирургия грыж живота и эвентрации / В.В. Жебровский, Мохамед Том Эльбашир // Симферополь «Бизнес-Информ». – 2002. – С.440.
4. Пепенін А.В. Особенности фиксации сетчатого трансплантата с предбрюшинным его расположением при пластике послеоперационных вентральных гриж // Материали міжнародної конференції «Сучасні способи хірургічного лікування гриж живота». – Київ. – 2006. – С. 112–114
5. Юффе І.В. Вибір метода алопластики рецидивних післяопераційних вентральных гриж / І.В. Юффе, О.В. Пепенін, О.В. Алексеев, А.А.Єрціян // Хирургія донбасу – 2012, том 1, № 2 32, сс30-33
6. Гензер М. С. Лечебный трикотаж.- М.: Легкая индустрия, 1973.- 264 с.

7. Шалов И.И., Далидович А.С., Кудрявин Л.А. Технология трикотажного производства: Основы теории вязания. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 296 с.

ВЯЗАНЫЕ СЕТКИ ДЛЯ ХИРУРГИИ

РОМАНЮК Е.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка структуры вязаных сеток, которые используются для аллопластики грыж.

Методика. Использован метод анализа и синтеза научной литературы в области хирургии и изготовления основовязаных сеток. Используются основные положения анализа и проектирования трикотажных полотен, теории вязания и строения трикотажа.

Результаты. Разработана структура и предложены заправочные данные для изготовления сетчатого основовязаного полотна комбинированного переплетения из полипропиленовых мононитей. Предложена геометрическая модель разработанной структуры и формула для расчета длины нити в петле переплетения.

Научная новизна. Разработана структура вязаных сеток, которые используются для аллопластики грыжевых сечений. Установлена связь между длиной нити в петле, петельным шагом, высотой петельного ряда и толщиной нити.

Практическая значимость. Возможность налаживания отечественного производства вязаных сеток для аллопластики грыжевых сечений.

Ключевые слова: аллопластики грыжевых сечений, двойное основовязаное полотно, комбинированное переплетение, полипропиленовая нитка.

SURGICAL KNITTED MESH

ROMANYUK E.

Kiev national university of technologies and design

Objective. Development of structure knitted mesh, which are used to alloplasty hernias.

Methodology. In research was used method of the analysis and synthesis of scientific literature in the sphere of surgery and production of warp-knitted mesh. Also were used the main provisions of the analysis and design of knitted fabrics, basics technology and structure of knitting.

Findings.

The structure and proposed filling the data for the production of warp-knitted mesh combined interlacement of polypropylene filaments. A geometric model of The structure and formula for calculating the length of the yarn in the loop weave is offered.

Originality. The structure of warp-knitted mesh is offered. The mesh will to be use for some types of hernioplasty. The relationship between the yarn length in the loop, a loop-step height of the loop line and thread thickness to be installed.

Practical Value. The ability to establish domestic production of knitted mesh for alloplastic of inguinal hernia repair.

Keywords: alloplastic of inguinal hernia repair, double warp-fabric, combined weave, polypropylene thread.

УДК 664.959.5

КОЛЯДА М.К.¹, ПЛАВАН В.П.¹, САФРАНОВ Т. А.²,
МЕЛЬНИК К.С.¹

¹Київський національний університет технологій та дизайну

²Одеський державний екологічний університет

РОЗРОБКА МЕТОДУ УТИЛІЗАЦІЇ КОЛАГЕНВІСНИХ ВІДХОДІВ РИБОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Мета. Розробка методу утилізації відходів, отриманих після розбирання скумбрії (*Scomber*) та визначання раціонального способу використання отриманих колагенвісних матеріалів.

Методика. Колагенові гідролізати отримували лужно-ферментативним методом окремо або у поєднанні з обробкою перекисом водню при звичайній та підвищеній температурі. Ступінь гідролізу визначали за вмістом загального азоту в кінцевому продукті.

Результати. Застосування лужно-ферментативного методу гідролізу з попереднім промиванням лугом забезпечує отримання гідролізату із збалансованим амінокислотним складом, що підтверджено методом рідинно-колонкової хроматографії.

Наукова новизна. Розроблений ефективний метод нутроців скумбрії (*Scomber*), які традиційно не переробляються, а вивозяться на звалища, що наносить шкоду довкіллю.

Практична значимість. Гідролізат може бути використаний для виробництва органічних добрив та стимуляторів росту у тваринництві, а після подальших модифікацій, як компонент біополімерних матеріалів.

Ключові слова: переробка відходів, колаген, ферментативний гідроліз, амінокислотний склад.

Вступ. Відходи рибопереробної промисловості є постійним джерелом забруднення навколишнього середовища, враховуючи той факт, що протягом останнього десятиліття світовий вилов та споживання риби постійно зростають [1]. Сучасне виробництво риби супроводжується формування великої кількості відходів (голів, кісток, шкіри, нутроців тощо) які становлять від 30 до 70 % (Рис 1.) від маси риби [2], що становить майже 32 млн. т. відходів щорічно [3]. Часткове їх використання з одного боку призводить до втрати важливого протеїнового продукту, а з іншого – до забруднення навколишнього середовища.

Відходи рибопереробної промисловості можуть перероблятися у корисні продукти, наприклад, для створення біорозкладних композитних матеріалів [3, 4]. Гідролізати із вторинних продуктів рибопереробки можуть бути використані в якості корму для тварин, а також як компонент добрива [5].

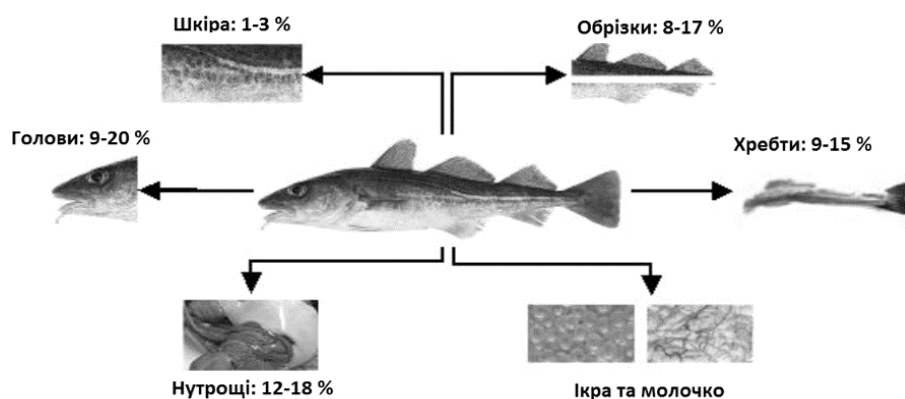


Рис. 1 Масовий баланс відходів від переробки

Постановка завдання. Мета роботи – розробка методу утилізації відходів, отриманих після розбирання скумбрії (*Scomber*) та визначання раціонального способу використання отриманих колагенвмісних матеріалів.

Результати дослідження. В якості об'єкту досліджень було обрано відходи від переробки скумбрії (нутрощі) отримані після обвалювання риби. Зазвичай ці відходи не використовуються та не переробляються та залишаються на звалищах та полігонах.

Відходи були законсервовані хлоридом натрію (100 % від маси відходів). Для визначення хімічного складу колагенвмісних відходів визначали вміст вологи, мінеральних речовин, загального азоту та речовин, які екстрагуються органічними розчинниками згідно [6]. Хімічний склад відходів наведено в (табл. 1). Високий вміст мінеральних речовин пов'язаний із попереднім консервуванням хлоридом натрію.

Таблиця 1

Результати хімічного аналізу законсервованих відходів

Вміст, %	
- вологи	43,5
- мінеральних речовин	38,6
- жиру	8,9
- загального азоту	7,9

Колаген типу I виявився основним корисним компонентом у шкірі, кістках та нутрощах різних типів риб [7]. Колаген риби складається з двох α -спіралей, які в свою чергу відомі як α -1 та α -2 [8]. Рибний колаген чутливий до дії температур через слабкий поперечний міжмолекулярний зв'язок в порівнянні з ссавцями, а також має менший вміст гідроксипроліну [9].

Отримання гідролізату. Гідролізат отримали лужно-ферментативним методом окремо або у поєднанні з обробкою перекисом водню при звичайній та підвищеній температурі. Ступінь гідролізу визначали за вмістом загального азоту в кінцевому продукті.

Лужно-ферментативний гідроліз рибних відходів проводили протягом 6-8 годин при температурі 40 °C таким способом: нутрощі скумбрії промивали проточною водою, подрібнювали до консистенції фаршу, завантажували у реактор, додавали 50 % води від маси відходів; перекис водню 1,6 % (в розрахунку на 100 %) від маси відходів; 2 % мас.ч. NaOH.

Ферментативний гідроліз проводили протягом 4-х годин, витрата ферменту склала 3 %. рН отриманої суміші доводили до 6,8-7,0 за допомогою розчину карбонату натрію. Після розділення шарів гідролізату на подільній воронці, його випарювали до бажаної концентрації.

Якість гідролізу контролювали за допомогою вмісту загального азоту у продукті, який становив 12,2 г/л. Недоліком отриманого продукту був темно-коричневий колір і неприємний «рибний» запах.

Для інтенсифікації процесу гідролізу, проводили попередню обробку перекисом водню. Ефективність такої обробки була підтверджена в попередніх дослідженнях з використанням відходів шкіряної промисловості [10]. На жаль, у випадку з рибними відходами, така обробка показала неефективність. Незважаючи на загальний вміст азоту в кінцевому продукті, який складав 15,4 г/л, був присутній неприємний запах, як результат утворення перекисів через часткове окислення жирів.

Відносно високий вміст жиру в колагенових відходах рибної промисловості, негативно впливає на властивості гідролізатів. Жир піддається окисленню, що призводить до швидкого псування отриманого продукту, а також є джерелом неприємного «рибного» запаху. Тому потрібно проведення додаткового попереднього знежирення, суть якого полягає у звільненні пор, капілярів та позаклітинного простору від жирів, що там містяться.

Найбільш раціональним способом знежирити колагенові відходи рибної промисловості є використання попередніх ферментативних обробок. Ферменти розщеплюють білки і структуру тканин, і таким чином вивільнюють жир.

Для проведення кислотно-ферментативного гідролізу, були використані розчини з різною концентрацією оцтової кислоти і ферменту. Фермент Zime SB: активність 1500 од/г, оптимальний рН=3,5-6,5. Витрата ферменту склала 1,3%, ступінь гідролізу визначали за загальний вмістом азоту в кінцевому продукті (Табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика методів та продуктів гідролізу

№ п/п	Промивання лугом	Проведення гідролізу				Вміст, г/л		
		Луг	Фермент	Кислота	H ₂ O ₂	Азот	СЗ	Зола
1	-	+	+	-	-	12,2	218,9	124,4
2	-	+	+	-	+	15,4	215,3	120,2
3*	+	-	+	+	-	11,2	15,2	4,9
4**	+	-	+	+	-	14,3	22,3	9,0

* Тривалість промивання лугом 24 години. Кислотно-ферментативний гідроліз: тривалість 4 год, t= 40 °С.

** Кислотно-ферментативний гідроліз тривалість 4 год., t= 40 °С і 8 годин. Тривалість промивання лугом зменшена до 1,5 годин. Луг дозували в 3-4 прийоми через кожні 30 хв.

Метод іонообмінної рідинно-колонкової хроматографії. Для проведення якісного та кількісного аналізу амінокислотного складу колагенвмісних відходів та отриманого гідролізату використали метод іонно-обмінної рідинноколонкової хроматографії із застосуванням 339М автоматичного аналізатора фірми (Microtechna, the Czech Republic).

Результати дослідження та їх обговорення. Зменшення тривалості попередньої промивки лугом призводить до збільшення кількості мінеральних речовин в кінцевому

продукті (Табл. 2). Збільшення тривалості кислотного-ферментативного гідролізу позитивно впливає на якість кінцевого продукту, вміст загального азоту підвищується.

В результаті гідролітичного розкладання рибного колагену, кількість основних амінокислот збільшується внаслідок розриву пептидних зв'язків (Табл. 3), вміст аргініну підвищується до 9,59 %. В рибному колагеновому гідролізаті вміст таких незамінних амінокислот як валін (2,63 %), гістидин (1,37 %), який є дуже важливою амінокислотою у відгодівлі молодняку тварин; ізолейцин і лейцин (1,72 і 5,04 %), метіонін (2,03 %), треонін (3,92 %), фенілаланін (2,84%) вищий, ніж в колагеновому гідролізаті зі шкір ВРХ.

Таблиця 3

Амінокислотний склад риб'ячого колагену та колагену ВРХ

Амінокислота	Нативний колаген ВРХ [11]	Колагеновий гідролізат (лужний) [10]	Нативний колаген <i>Scomber</i> [12]	Колагеновий гідролізат (кислотний) <i>Scomber</i>
Gly (G)	33,4	7,10	3,4	17,68
Pro (P)	13,2	6,86	3,8	6,64
Ala (A)	10,7	6,76	5,4	7,79
Hyp (X)	8,3	8,25	5,4	1,76
Glu (E)	7,5	6,13	14,8	15,16
Arg (R)	5,0	7,11	5,6	9,59
Asp (D)	4,9	4,21	10,3	7,66
Ser (S)	3,2	2,35	4,3	5,92
Leu (L)	2,8	1,77	8,4	5,04
Lys (K)	2,8	5,94	10,5	4,73
Val (V)	2,4	4,05	6,1	2,63
Thr (T)	1,9	3,74	4,9	3,92
Ile (I)	1,4	1,55	5,0	1,72
Phe (F)	1,3	2,19	4,6	2,84
Met (M)	0,7	0,68	3,0	2,03
His (H)	0,6	1,02	6,6	1,37
Tyr (Y)	0,4	1,34	1,2	1,64
Total	100	100	100	100

Наявність реакційно здатних груп дає можливість змінювати властивості гідролізатів. Найбільш реакційно здатними групами білка є ті, що містяться в амінокислотах серин (первинна група OH), гідроксипролін (вторинні-OH), треонін (вторинний-OH), тирозин (фенольні OH), аспарагінова і глутамінова кислоти містять групу -COOH, лізин і аргінін містять аміногрупи. Для хімічної модифікації гідролізатів можна застосувати зшиваючі реагенти (зокрема альдегіди крохмалю, ферменти тощо) [13, 14].

Таким чином, отриманий гідролізат є збалансованим за амінокислотним складом, може використовуватись для отримання органічних добрив і стимуляторів росту, як кормова домішка у звіроводстві, а після подальшої модифікації як компонент композиційних матеріалів і біополімерів.

Висновки. Розроблений метод утилізації відходів, отриманих після розбирання скумбрії (*Scomber*). Метод включає кислотно-ферментативний гідроліз відходів в розчині

оцтової кислоти в присутності ферменту в поєднанні з попереднім промиванням лугом для видалення розчинних білків. Скорочення тривалості промивки лугом призводить до збільшення вмісту мінеральних речовин в кінцевому продукті. Підвищення тривалості кислотного-ферментативного гідролізу має позитивний вплив на якість кінцевого продукту та впливає на підвищення вмісту загального азоту. Отриманий гідролізат має збалансований амінокислотний склад і може бути використаний для виробництва органічних добрив та стимуляторів росту у тваринництві, а після подальших модифікацій, як компонент біополімерних матеріалів.

Список використаної літератури

1. Food and Nutrition in Numbers [Текст] / Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). – Roma: FAO, 2014. – 245 с.
2. Shahidi F. Seafood processing by-products [Текст] / F. Shahidi // F. Shahidi and J.R. Botta Seafoods chemistry, processing, technology and quality / Glasgow. – Blackie Academic and Professional, 1994. – С. 320-334.
3. Kristinsson H.G., Rasco B.A. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties / H.G. Kristinsson, B.A. Rasco // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2000. – № 40. – С. 43–81.
4. Guerard F., Dufosse L., De La Broise D., Binet A. Enzymatic hydrolysis of proteins from yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) wastes using Alcalase / F. Guerard, L. Dufosse, D. De La Broise, A. Binet // Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. – 2001. – № 11. – С. 1051–1059.
5. Ioannis S. Arvanitoyannis, Aikaterini Kassaveti Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses / Arvanitoyannis Ioannis S., Kassaveti Aikaterini // International Journal of Food Science and Technology. – 2008. – № 43. – 726–745.
6. Данилкович А. Г. Практикум з хімії і технології шкіри та хутра: 2-ге вид., перероб. і доп.: Навч. посібник. – К.: Фенікс, 2006. – 340 с.
7. Silvipriya K. S., Krishna Kumar K., Bhat A. R., Dinesh Kumar B., Anish John, Panayappan Lakshmanan. Collagen: Animal Sources and Biomedical Application / K. S. Silvipriya, Kumar K. Krishna, A. R. Bhat, Kumar B. Dinesh, John Anish, Lakshmanan Panayappan // *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. – 2015. – № 5(3). – С.123–127.
8. Gómez-Guillén M.C., Giménez B., López-Caballero M.E., Montero M.P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review / M.C. Gómez-Guillén, B. Giménez, M.E. López-Caballero, M.P. Montero // *Food Hydrocolloids*. – 2011. – № 25(8). – С.1813–1827.
9. Sato K., Yoshinaka R., Yoshiaki I., Sato M. // *Comparative Biochemistry and Physiology*. – 1989. – № 92B(1). – С.87–91.
10. Extraction of Collagen from Phosphonium Tanned Leather Waste and Research of its Properties [Текст] / Plavan, V., Kovtunenکو, O., Koliada, M. / Abstract of 2013 CAS - TWAS Symposium on Green Technology (SGT2013), Beijing.
11. Heidemann E. Fundamentals of Leather Manufacture. – Darmstadt: Eduard Roether KG, 1993.
12. Sun Young Lim, Effect of catch areas on chemical composition and heavy metals concentration of chub mackerel (*Scomber japonicus*) / Lim Sun Young // *Life Science Journal*. – 2012. – № 9(3). – С.1276–1280.
13. Bucevschi, M.D., Chirita, G., Colt, M. *et al.* Chemical modification of collagen hydrolyzates / M.D. Bucevschi, G. Chirita, M. Colt *et al.* // *J. Amer. Leather. Chem. Ass.*. 1999. – № 94(2). – 89–95.
14. Пат. WO 01/12723A1 Blends of biodegradable Poly(hydroxy ester ether) thermoplastic with renewable proteins [Текст] / Chaohua W., Craig, C.; заявник US AGRICULTURE [US];

BIOTECHNOLOGY RES & DEV [US]. – № WO2000US40658 20000816; заявл. 21.02.1997; опубл. 22.12.1998.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА УТИЛИЗАЦИИ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

КОЛЯДА М.К.¹, ПЛАВАН В.П.¹, САФРАНОВ Т. А.², МЕЛЬНИК К.С.¹

¹ Киевський національний університет технологій і дизайну

² Одеський державний екологічний університет

Цель. Разработка метода утилизации отходов, полученных после обваливания скумбрии (*Scomber*) и определение рационального способа использования полученных коллагенсодержащих материалов.

Методика. Коллагеновые гидролизаты получали щелочно-ферментативным способом отдельно и в совмещении с обработкой перекисью водорода при обычной и повышенной температуре. Степень гидролиза определяли по содержанию общего азота в конечном продукте.

Результаты. Использование щелочно-ферментативного гидролиза с предварительным промыванием щелочью обеспечивает получение гидролизата со сбалансированным аминокислотным составом, что подтверждено методом жидкостно-колоночной хроматографии.

Научная новизна. Разработан эффективный метод утилизации внутренностей скумбрии (*Scomber*), которые традиционно не перерабатываются а вывозятся на свалки, что приносит вред окружающей среде.

Практическая значимость. Гидролизат может использоваться для получения органических удобрений и стимуляторов роста в животноводстве, а после дальнейшей модификации как компонент композиционных материалов и биополимеров.

Ключевые слова: переработка отходов, коллаген, ферментативный гидролиз, аминокислотный состав.

DEVELOPMENT OF FISH INDUSTRY WASTE DISPOSAL METHOD

KOLIADA M.K.¹, PLAVAN V.P.¹, SAFRANOV T.A.², MELNYK K.S.¹

¹ Kyiv National University of Technologies & Design

² Odessa National Ecology University

Purpose. Development of fish industry waste disposal method, obtained after the processing of mackerel (*Scomber*) and determining a rational of obtained collagen containing material application.

Methodology. Collagen hydrolyzates were obtained by an alkali-enzymatic method with pre-treatment by hydrogen peroxide at room and the elevated temperature. The degree of hydrolysis was determined by the total nitrogen content in the final product.

Findings. It has been shown, that the use of alkali-enzymatic method hydrolysis with prior washing by alkali give us hydrolyzate with balanced amino acid composition, what was confirmed by liquid column chromatography.

Originality. An effective method of *Scomber* offal waste disposal was developed, which traditionally not processed and are taken to the landfills, and creates damage to the environment.

Practical value. Hydrolyzate can be used for producing organic fertilizers and growth stimulants in animal farming, and after further modification as a component of composite materials and biopolymers.

Keywords: waste treatment, collagen, enzymatic hydrolysis, amino acid composition.

УДК 678.011:53

СЕНИК І. В., БАРСУКОВ В. З., КОРОТАШ І. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ВПЛИВ РІЗНИХ ВУГЛЕ-ГРАФІТОВИХ ДОБАВОК НА
ХАРАКТЕР ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВТРАТ
ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ**

***Мета.** Дослідити залежності електромагнітних втрат композитів, які сформовані на основі полівінілхлоридної матриці та різних вугле-графітових добавок, в діапазоні надвисоких частот.*

***Методика.** Дослідження електромагнітних втрат проводили за допомогою хвилевого методу з використанням рупорних антен.*

***Результати.** В результаті досліджень встановлено концентраційні залежності питомого опору та електромагнітних втрат композитів, сформованих на основі різних графітових та вуглецевих матеріалів.*

***Наукова новизна.** Досліджено та порівняно вплив вуглецевих та графітових матеріалів різного походження на коефіцієнти пропускання, відбивання та поглинання електромагнітного випромінювання (ЕМВ) у НВЧ-діапазоні.*

***Практична значимість.** Отримані результати відображують можливість застосування кращих композитних матеріалів при формуванні захисних покриттів та екранів від електромагнітного випромінювання у НВЧ-діапазоні.*

***Ключові слова:** вугле-графітові добавки, полівінілхлоридна матриця, електромагнітні втрати, питомий опір, коефіцієнти поглинання, відбивання, пропускання, НВЧ-діапазон.*

Вступ. При виготовленні захисних екранів від електромагнітного випромінювання у НВЧ-діапазоні широке застосування можуть знайти різноманітні вуглецеві та графітові композитні матеріали (технічний вуглець, графіт, сажі, вуглецеві та графітизовані волокна, в тому числі металізовані та різні текстильні форми з таких матеріалів (нитки, джгути, стрічки та тканини).

При певній концентрації вугле-графітових матеріалів в полімерній матриці досягається так званий «порог перколяції», коли окремі частинки графіту або вуглецю утворюють замкнутий скелет (кластер) електропровідності [1-2]. Композити, що складаються з дисперсного поглинаючого наповнювача, зв'язаного рідким полімером, являють собою складні системи, адже технологія виготовлення таких зразків вимагає рівномірного розподілу різних за щільністю компонентів в матриці полімеру. При досягненні або перевищенні «порогу перколяції» вуглець-полімерний композит стає електропровідним і здатен екранувати електромагнітне випромінювання подібно металам, утворюючи так звану «клітку Фарадея». Кількість добавки графіту або вуглецю, яка необхідна для досягнення «порогу перколяції», залежить від густини добавки, її природи та структури.

В залежності від природи і кількості електропровідного вуглецевого компоненту можна конструювати як екрани відбивання, так і поглинаючі покриття. Відзначається велика різноманітність електропровідних матеріалів, однак високочастотні електромагнітні характеристики їх вивчені недостатньо повно [3].

Методика експерименту. Технологія виготовлення експериментальних зразків. Експериментальні зразки містили вуглецеві та графітові добавки різного походження, а саме:

комерційні зразки графітізована сажа «PUREBLACK®» та терморозширений графіт АВG 1010 (виробник - Superior Graphite Co. Чикаго, Іллінойс, США), експериментальний зразок дрібнодисперсного графіту «Drill – 200 mesh» (виробник - Focus Graphite Inc., Оттава, Канада) та вітчизняний колоїдний графітовий препарат марки С1 (виробник - Заваллівський графіт, Україна). В якості полімерної матриці було використано полівінілхлорид (ПВХ), який пластифікували диоктилфталатом (ДОФ): 100 г ПВХ розчиняли в 60 г пластифікатора; після цього вуглецевий наповнювач (5-20%) додавали до готового пластикату та перемішували протягом 1 години. Процес перемішування - один з ключових етапів, оскільки дуже важливо розбити всі агломерати як полімерного порошку, так і струмопровідних добавок для рівномірного їх поширення в системі та запобігання їх негативного впливу на фізико-механічні, електродинамічні властивості плівок та зовнішній вигляд. Формували плівку способом заливання кінцевого композиту у форму, пластифікацію проводили протягом 3 хв при 200 °С.

Плівки, сформовані такими способами, відзначалися рівномірною товщиною, еластичністю, пористістю, гнучкістю та гладкою поверхнею.

Методика вимірювань питомого електропровідного опору. Класичні методи з використанням 2-х або 3-х електродної комірки як правило не враховують контактні опори між електродами та зразком, які в даному випадку можуть вносити суттєві похибки в виміри. Тому вимірювання опору наповнених композитів проводили за чотирьох-електродним методом [4]. З досліджуваного матеріалу вирізали зразки розміром 10x30 мм, через які за допомогою двох силових електродів пропускали фіксований струм, а за допомогою двох вимірювальних електродів визначали падіння напруги цифровим високоомним вольтметром. Експериментальні дослідження питомого електричного опору даних зразків представлені та описані в роботі [5].

Вимірювання блокування ЕМВ. Оцінка електромагнітних втрат при проходженні електромагнітної хвилі через зразок композитного матеріалу, який був закріплений між рупорними антенами (рис. 1), здійснюється шляхом порівняння вимірних значень модулів коефіцієнта відображення і коефіцієнта передачі. Дослідження на здатність поглинання електромагнітного випромінювання виконувалися в діапазоні частот від 17 до 27 ГГц.

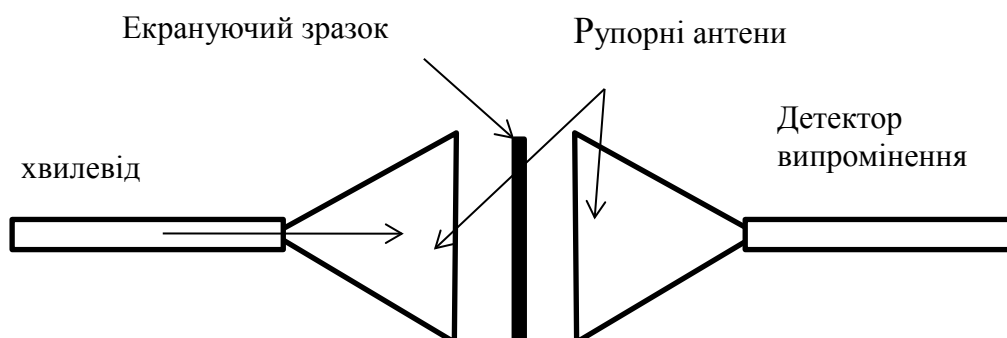


Рис.1. Схематичне зображення рупорної установки для вимірювання екрануючих властивостей матеріалів

Результати досліджень. В композиційних матеріалах при зміні концентрації провідної компоненти, струм змінюється немонотонно. При невисокому наповненні системи струмопровідними добавками електропровідність залишається низькою аж до моменту

формування «перколяційного порогу» провідності, де спостерігається її різке зростання на кілька порядків.

Залежність електромагнітних властивостей композитних систем з дисперсними наповнювачами залежить не тільки від концентраційних параметрів, а також і від морфології, природи та структури сформованих композитів. Важливо відмітити, що для діамантних матеріалів, до яких відносять і вуглець-вмісні структури, поглинання викликається тільки діелектричними втратами.

Саме структура і властивості різних матеріалів-наповнювачів обумовлюють, в основному, такі властивості як екранування, поглинання і відбивання ЕМВ. Завдяки цьому, слід враховувати не тільки тип матеріала-наповнювача (вуглець, сажа, графіт та ін.), але часто і технологію приготування такого матеріалу.

Для формування якісних захисних покриттів чи екранів від ЕМВ необхідно також враховувати робочий частотний діапазон, в якому буде забезпечуватися захист, адже для екранування в низькій області частот необхідно збільшувати магнітну компоненту композиту та формувати товсті покриття, в той час як для захисту в НВЧ діапазоні достатньо тонких (плівкових) матеріалів з високою електропровідністю. В наведених нижче концентраційних залежностях ми використовували середні значення для кожного з вивчених композитних матеріалів в діапазоні частот від 17 до 27 ГГц.

Ефективність екранування оцінюється ступенем ослаблення складових електромагнітного поля, яке визначається як співвідношення діючих значень напруженості полів в даній точці простору при відсутності і наявності екрану.

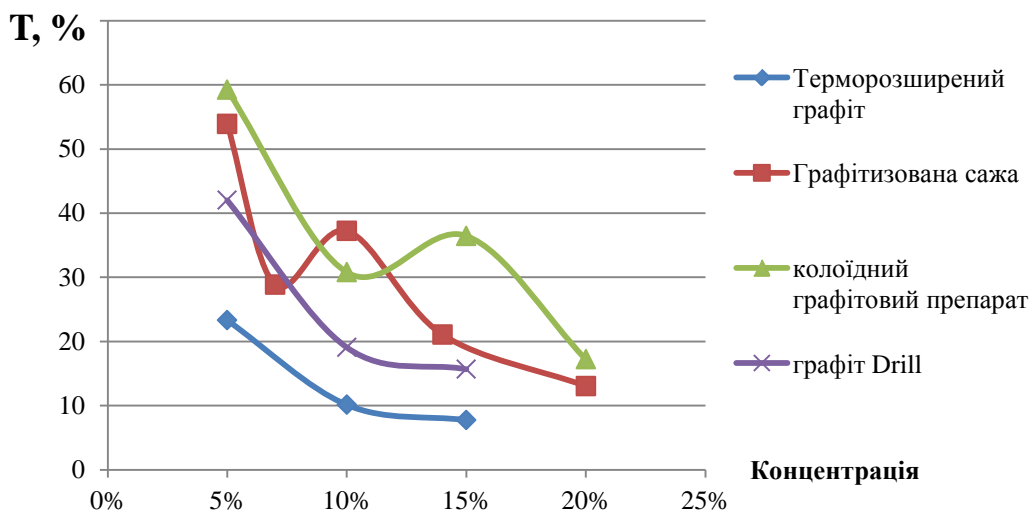


Рис. 2. Графік залежності коефіцієнта пропускання ЕМВ (у відсотках) зразком Т в залежності від концентрації та типу наповнювача

На рис.2 видно, що величина Т з ростом вмісту графітового наповнювача в цілому зменшується від кількості наповнювача. Цей ефект викликаний значним зростанням коефіцієнта відбиття (рис.3), який досягає величини в 40-55% при максимальному вмісті порошків в цій серії зразків. Цей ефект можна пояснити формуванням провідних шляхів в товщі зразка.

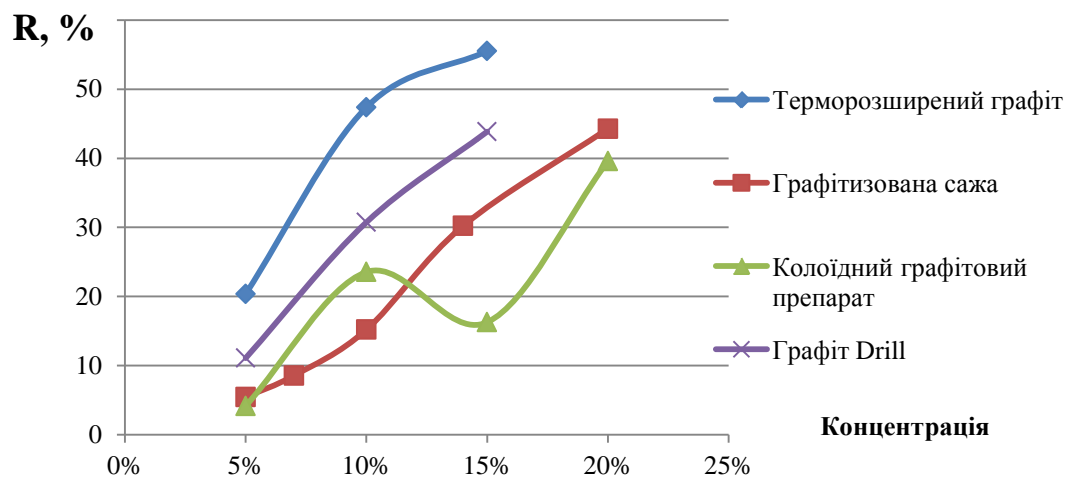


Рис. 3. Графік залежності коефіцієнта відбивання ЕМВ (у відсотках) зразком R в залежності від концентрації та типу наповнювача

Очевидно, що з ростом струмопровідності композиту зростає фактор відбиття електромагнітної хвилі який перешкоджає її поширенню в зовнішнє середовище тим самим зменшуючи електромагнітний фон. Однак, поверхнєве відбиття перешкоджає проникненню ЕМ-хвилі і в товщу зразка, і, як видно на рис. 4., при досягненні максимального значення поглинаючі властивості композитів починають спадати.

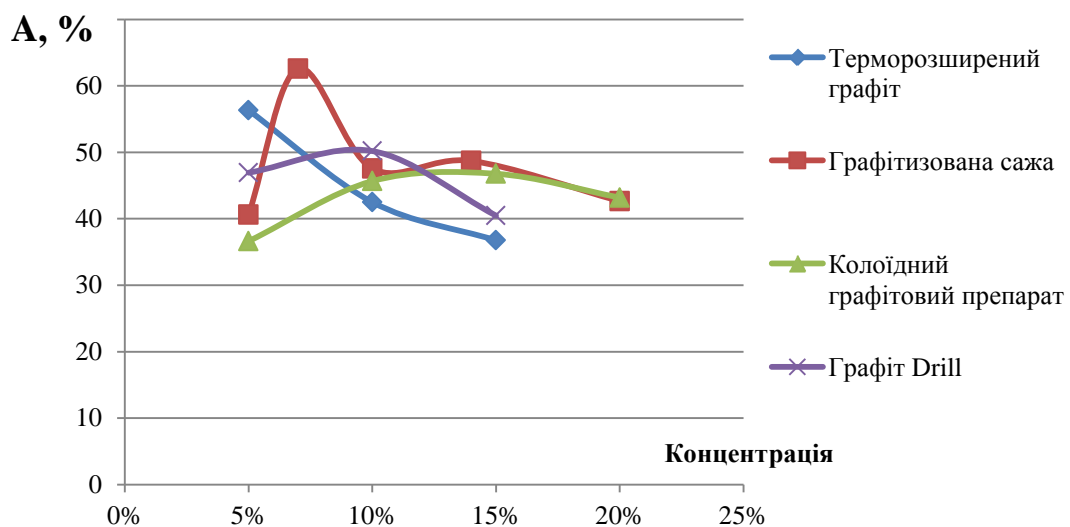


Рис. 4. Графік залежності коефіцієнта поглинання ЕМВ (у відсотках) зразком А в залежності від концентрації та типу наповнювача

Коефіцієнт поглинання А обчислювався за виміряним значенням R і T зі співвідношення $A = 100 - R - T$.

Варто відмітити, що при зростанні концентрації активної фази в композитах, коефіцієнт поглинання А слабо змінюється для композитів, наповнених колоїдним графітовим препаратом (КГП С-1) та дрібнодисперсним графітом марки Drill -200 (рис.4).

Висновки. В ході проведених досліджень було встановлено вплив електропровідного наповнювача та концентраційні залежності електромагнітних втрат для кожного вуглецевого наповнювача неруйнівним методом з використанням рупорних антен.

Найменший коефіцієнт пропускання електромагнітного випромінювання серед досліджених матеріалів (< 10%) продемонстрував терморозширений графіт, причому це досягається головним чином за рахунок його найбільшого коефіцієнту відбивання (> 50%). Це може бути пов'язано із дуже специфічною «розкритою пелюстковою» структурою частинок цього матеріалу, утвореною в результаті швидкого термолізу інтеркальованого графіту (дивись [6], рис. 4). Для достатньо ефективного екранування НВЧ випромінювання концентрація цього типу графіту в композиті повинна складати не менше 15%.

Встановлено, що природа вуглецевої добавки меншою мірою впливає на коефіцієнт поглинання, який для більшості досліджених вугле-графітових матеріалів залишається на рівні 50 % \pm (10-12) % в дослідженому діапазоні концентрацій 5 – 20 %. Разом з цим, графітизована сажа «PUREBLACK®» демонструє найбільший коефіцієнт поглинання ~ 62% при її вмісті в складі композита 7,5%, що також може бути пов'язано із специфічними наноструктурними особливостями цього добре електропровідного вуглецевого матеріалу з розвинутою внутрішньою поверхнею 50-65 м²/г [7].

Таким чином, отримані результати розподілу електромагнітних втрат вуглецевих полімерних композитів дають змогу прогнозувати перспективність застосування графіт-вуглецевих матеріалів у складі гнучких поглинаючих та екрануючих екранів для НВЧ-випромінювання.

Автори висловлюють **подяку** д.т.н. Савченку Б. М. за допомогу у виготовленні зразків та к.т.н. Твердохлібу В. С. за допомогу у проведенні досліджень.

Список використаної літератури

1. Москалюк О. А. Электропроводность полипропиленовых волокон с дисперсными углеродными наполнителями / О. А. Москалюк, А. Н. Алешин, Е. С. Цобкалло, А. В. Крестинин, В. Е. Юдин // Физика твердого тела. – 2012. – Т.54, – №10. – 1993–1998 с.
2. Мамуня Є. П. Перколяційні ефекти провідності в полімерних нанокompозитах з бінарним наповнювачем / Є. П. Мамуня, В. В. Левченко, G. Voiteux, Є. В. Лебедєв // Доповіді Національної академії наук України. № 2. – 2014. – С. 79-84.
3. Землянхун Ю. П. Электромагнитные характеристики композиционных радиоматериалов, активно взаимодействующих с электромагнитным излучением миллиметрового диапазона : дис. ... кандидата технических наук: 01.04.03 / Землянхун Юрий Петрович. – Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» ; науч. рук. Суляев В. И. – Томск. – 2014. – 118 с.
4. Lusheykin G. A. Methods for studying the electrical properties of polymers. Moscow: Publishing house Chemistry, – 1988. – P. 19-21.
5. Барсуков В. З. Гнучкі електропровідні плівки для фотоелектричних і фото електрохімічних пристроїв / В. З. Барсуков, І. В. Сенік, Б. М. Савченко, Ю. В. Шпак, Д. Р. Драган // Вісник НТУ «ХП». – 2015. – № 22 (1131). – С. 6-9.

6. Белова М.Ю. Графит, ИГ и ТРГ (краткий обзор). – 2007. –17 с. Электронный ресурс: <http://www.sealur.ru/pdf/useful/reports/grafit.pdf>.
7. Barsukov I.V. Novel materials for electrochemical power sources – introduction of PUREBLACK[®] Carbons / Barsukov I. V., Gallego M. A., Doninger J. E. // J. Power Sources. – 2006. – № 2 – P. 288-299.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УГЛЕ-ГРАФИТОВЫХ ДОБАВОК НА ХАРАКТЕР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА

СЕНИК И.В., БАРСУКОВ В.З., КОРОТАШ И. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследовать зависимости электромагнитных потерь композитов, которые сформированы на основе поливинилхлоридной матрицы и различных угле-графитовых добавок, в диапазоне сверхвысоких частот.

Методика. Исследование электромагнитных потерь проводили с помощью волнового метода с использованием рупорных антенн.

Результаты. В результате исследований получены концентрационные зависимости удельного сопротивления и электромагнитных потерь композитов, сформированных на основе различных графитовых и углеродных материалов.

Научная новизна. Исследовано и сравнено влияние углеродных и графитовых материалов различного происхождения на коэффициенты пропускания, отражения и поглощения электромагнитного излучения (ЭМИ) в СВЧ-диапазоне.

Практическая значимость. Полученные результаты отражают возможность применения лучших композитных материалов при формировании защитных покрытий и экранов от электромагнитного излучения в СВЧ-диапазоне.

Ключевые слова: угле-графитовые добавки, поливинилхлоридная матрица, электромагнитные потери, удельное сопротивление, коэффициенты поглощения, отражения, пропускания, СВЧ-диапазон.

THE INFLUENCE OF DIFFERENT CARBON-GRAPHITE ADDITIVES ON TYPE OF ELECTROMAGNETIC LOSSES OF POLYMER COMPOSITES

SENYK I.V., BARSUKOV V.Z., KOROTASH I. V.

Kyiv national university of technologies and design

Purpose: To investigate the dependence of electromagnetic losses of composites, which are based on PVC matrix and various carbon-graphite additives, in microwave frequencies.

Methodology: The study of electromagnetic losses was carried out by wave-method using horn antennas.

Findings: The concentration dependence of the resistivity and the electromagnetic losses of composites, formed with various carbon and graphite materials, were obtained as the result of work.

Originality: It was investigated and compared the effect of carbon and graphite materials of different origin on transmission, reflection and absorption of electromagnetic radiation (EMR) in the microwave range.

Practical value: The results show the possibility of using the best composite materials in the formation of protective coatings and shields against from electromagnetic radiation in the microwave range.

Keywords: carbon-graphite additives, PVC matrix, electromagnetic losses, resistivity, coefficients of absorption, reflection, transmission, microwave range.

УДК 675.026

ПЛАВАН В.П.¹, ОХМАТ О.А.,¹ КАЧОРОВСЬКА О.П.²

¹Київський національний університет технологій та дизайну

²Національний технічний університет України «КПІ»

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ СПОЛУК ХРОМУ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФАРБУВАННЯ ХУТРОВОЇ ОВЧИНИ

Мета. Створення і застосування нових технологій для виробництва хутрової овчини з комплексом спеціальних властивостей, що може використовуватись для виготовлення виробів медичного (пов'язки для суглобів, підстилки тощо) і побутового призначення (ковдри, килими, дитячі «конверти», предмети інтер'єру тощо).

Методика. За основу обрана типова методика фарбування шкур кролика хромового методу дублення кислотними барвниками для хутра. Визначали стійкість забарвлення волосяного покриву до прання, користуючись методикою визначення стійкості забарвлення до прання рукавичних, галантерейних і одягових шкір.

Результати. Запропонований спосіб фарбування хутрового напівфабрикату безхромового дублення із застосуванням аніонних барвників і додаткової обробки сполуками хрому (III) замість сполук хрому (VI), що забезпечує отримання яскравого немазкого забарвлення, стійкого до прання протягом 3-х циклів.

Наукова новизна. Вперше для фарбування використали бітрисоксиметиламінометанохромат (III) натрію для додаткової обробки сполуками хрому перед фарбуванням аніонними барвниками.

Практична значимість. Отриманий напівфабрикат хутрової овчини може використовуватись для виготовлення виробів медичного і побутового призначення.

Ключові слова: хутрова овчина, фарбування, сполуки хрому, стійкість забарвлення, стійкість до прання.

Вступ. В наш час асортимент виробів з хутрової овчини дуже різноманітний. При цьому на споживчому ринку сьогодні користуються попитом хутрові вироби побутового та медичного призначення [1]. До них відносяться: килими, ковдри, чохли для сидіння в автомобілі, а також комплекти для новонароджених, постільна білизна для лежачих хворих, підстилки для домашніх тварин. Згідно з вимогами міжнародного екологічного стандарту Екотекстиль-100 (Öko-Tex Standard-100 General condition) і гармонізованого з ним ДСТУ 4239:2003[2] стійкість забарвлення до дії різних фізико-хімічних чинників (води, світла, прання, поту, тертя та ін.) є одним з основних показників, який регламентується в екобезпечних текстильних матеріалах і виробках одягового та інтер'єрного призначення.

Досить стійке забарвлення вдається отримати на волокнах, попередньо оброблених солями важких металів [3]. В деяких випадках обробка хутрового напівфабрикату солями важких металів, які являються каталізаторами окислювального руйнування білкових волокон волосу, призводить до погіршення якості хутрового напівфабрикату, і як наслідок, до нерівномірного забарвлення волосу. В результаті протравного фарбування утворюється комплексна сполука метал-барвник. Утворене забарвлення відрізняється високою стійкістю до хімічного чищення, сухого і мокрого тертя.

Зазвичай, одержання не мазкого забарвлення, стійкого до сухого і мокрого тертя забезпечується шляхом додаткової обробки сполуками хрому. Обробку солями хрому можна проводити трьома способами: до фарбування (попереднє хромування), після фарбування (з наступним хромуванням) або під час фарбування (одночасне хромування) [4]. Традиційно використовуються сполуки хрому (VI). Однак, враховуючи підвищену екологічну небезпеку солей шестивалентного хрому, представляло інтерес визначити можливість застосування комплексних сполук трьохвалентного хрому для протравного фарбування овчини.

Постановка завдання. *Мета роботи* – створення і застосування нових технологій для виробництва хутрової овчин з комплексом спеціальних властивостей, що може використовуватись для виготовлення виробів медичного (пов'язки для суглобів, підстілки тощо) і побутового призначення (ковдри, килими, дитячі «конверти», предмети інтер'єру тощо).

Результати дослідження.

Проведення експерименту.

За основу обрана типова методика фарбування шкурок кролика хромового методу дублення кислотними барвниками для хутра (табл.1).

Таблиця 1.

Параметри проведення фарбувальних процесів

№	Назва процесу	РК	t, С	T, год.	Послідовність виконання
1	2	3	4	5	6
1	Уморіння	10-15	35-40	45хв.- 1,0	Наливають воду, додають лужний реагент та загрузають напівфабрикат. Витрати бікарбонату натрію – 5 г/л
2	Промивка	10-15	35	0,5	Чиста вода, безперервне обертання
3	Фарбування	10-15	55-60	2,0	Наливають воду, додають оцтову кислоту в кількості 2 мл/л, через 30 хв. додають барвник у розчиненому вигляді в кількості 5 г/л.
					Ще через 30 хв. в розчин додають оцтову кислоту в кількості 5 мл/л й перевіряють рівень рН (не вище 4,5). Обертання періодичне. Фарбування продовжують ще 45-60 хвилин.
4	Промивка	10-15	35	0,5	Чиста вода, безперервне обертання

Для протравлювання були використані комплексні сполуки Cr(III) $\text{Na}\{\text{Cr}[\text{H}_2\text{NC}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{OH}]_2\} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ бітрисоксиметиламінометанохромат(III) натрію 1), для синтезу яких використано трисоксиметиламінометан. Як барвники використали аніонний «Рубіновий С» і «Аніолен бордо». В якості поверхнево-активних речовин (ПАР) використано марки «Савенол» (неіоногенна ПАР) та «Барвамід» (катіоактивна ПАР). Варіанти фарбування зразків овечої шерсті, за умови застосування ПАР різної природи представлено в табл. 2 та 3.

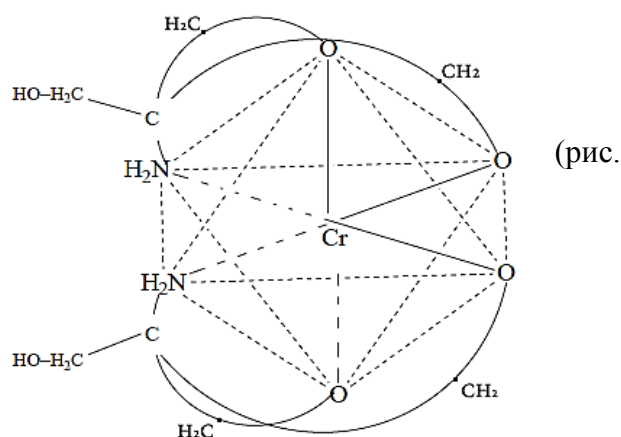


Рис.1. Комплексна сполука бітрисоксиметил-амінометанохромат (III) натрію

Таблиця 2.

Варіанти фарбування зразків овечої шерсті (ПАР «Савенол»)

Хромування	Варіант для барвників марки	
	Рубіновий С	Аніолен Бордо
Перед фарбуванням Cr (III) – 3 г/л	1	1'
Під час фарбування Cr (III) – 3 г/л	2	2'
Після фарбування Cr (III) – 3 г/л	3	3'
Без хромування	4	4'
Під час фарбування Cr (III) – 5 г/л	5	5'
Під час фарбування Cr (VI) – 3 г/л	6	6'

Таблиця 3.

Варіанти фарбування овечої шерсті з одночасним хромуванням (ПАР «Барвамід»)

Витрата сполук хрому, г/л	Варіант для барвників марки	
	Рубіновий С	Аніолен Бордо
Cr (III) – 3	7	7'
Cr (III) – 5	8	8'
Cr (VI) – 3	9	9'

Стійкість забарвлення волосяного покриву до прання визначали, користуючись методикою визначення стійкості забарвлення до прання рукавичних, галантерейних і одягових шкір (ГОСТ 13310-78) [5]. Для дослідження використали по два зразки фарбованої овечої шерсті та бавовняної тканини розміром 3,6x5,0 см; розклали їх таким чином: один зразок шерсті між двома зразками бавовняної тканини. Розкладені зразки зшивали по периметру, зважували з похибкою не більше 0,01 г, поміщали кожен в окрему склянку з розчином прального порошку концентрації 0,5 г/см³, що має температуру 40±2°C. Співвідношення маси випробовуваного зшитого зразка до об'єму розчину – 1:50. Прання зшитих зразків виконували при безперервному перемішуванні протягом 30 хв. Потім зразки промивали холодною водою протягом 5...10 хв., віджимали, шви розпорювали і сушили.

Стійкість забарвлення до прання оцінювали за шкалою сірих еталонів у балах окремо для кожного зразка: оцінюванню підлягав ступень зафарбовування бавовняної тканини і овечої шерсті.

Результати фарбування зразків овечої шерсті представлено в табл. 4 та 5. Після фарбування визначали ступінь відпрацювання ($St_{Cr_2O_3}$, %) сполук хрому з розчину для хромування (табл. 6):

$$St_{Cr_2O_3} = \frac{C_n - C_k}{C_n} \cdot 100,$$

де C_n – концентрація сполук хрому початкова, в перерахунку на Cr_2O_3 , г/л;

C_k – концентрація сполук хрому кінцева, в перерахунку на Cr_2O_3 , г/л.

Обговорення отриманих результатів.

Як видно з даних табл. 4, яскраве та інтенсивне забарвлення отримали при фарбуванні з одночасним хромуванням. Для визначення впливу витрати сполук хрому і природи поверхнево-активних речовин проводили також фарбування в присутності «Барваміду».







Таблиця 4.

Результати фарбування зразків овечої шерсті (ПАР «Савенол»)

Варіант фарбування			
1	2	3	4
			
1'	2'	3'	4'
			

Таблиця 5.

Результати фарбування овечої шерсті з одночасним хромуванням (ПАР «Барвамід»)

Варіант фарбування		
7	8	9
		
7'	8'	9'
		

Таблиця 6.

Визначення ступеня відпрацювання протравного розчину

Варіант	Концентрація сполук хрому у відпрацьованих протравних розчинах, г/л		Ступінь відпрацювання протравного розчину, %
	початкова	кінцева	
7	2,4	0,5	79
7'	2,5	0,4	84
8	1,5	0,5	67
8'	2,0	0,6	70
9	2,9	1,6	45
9'	3,0	1,5	50

Як видно з наведених даних, підвищення витрати сполук хрому для хромування призводить до зниження ступеня відпрацювання протравного розчину. Ступінь відпрацювання сполук хрому (III) в середньому вища ніж сполук хрому (VI) і становить від 67 до 84 %.

Для дослідження процесу фарбування використали видублений і прожирований напівфабрикат хутрової овчини [6], отриманий за витрати дубителів, г/л: глутаровий альдегід – 4, алюміній – 4, таніди мімози – 10, мета силікат Na – 1. В табл. 7 наведені результати фізико-механічних випробувань і хімічного аналізу видубленого напівфабрикату хутрової овчини.

Фарбування хутрового напівфабрикату проводили з одночасним хромуванням. Витрату сполук хрому (III) збільшили до 5 г/л з урахуванням можливого поглинання їх шкірною тканиною. Хромування з використанням сполук хрому (VI) використали як контрольний варіант. В табл. 8 наведені варіанти фарбування хутрового напівфабрикату з одночасним хромуванням (ПАР «Барвамід»), в табл. 9 – результати фізико-механічних випробувань і хімічного аналізу фарбованого хутрового напівфабрикату.

Таблиця 7.

Результати фізико-механічних випробувань і хімічного аналізу видубленого хутрового напівфабрикату

№	Назва показника	Значення
1	Вміст, %: – речовин, які екстрагуються органічним розчинником	11,0
2	– вологи	12,0
3	– мінеральних речовин	5,6
4	Середня товщина, мм	2,1
5	Відносне видовження, %:	
	– при напруженні 0,5 кг/мм ²	32
6	– при розриві	46
7	Навантаження при розриві, Н	9,8
8	Межа міцності при розтягуванні, МПа	11,3
9	Температура зварювання, °С	85

Таблиця 8.

Варіанти фарбування хутрового напівфабрикату з одночасним хромуванням (ПАР «Барвамід»)

Витрата сполук хрому, г/л	Барвник марки	
	Рубіновий С	Аніолен Бордо
Cr (VI) – 3	10	10'
Cr (III) – 5	11	11'

Таблиця 9.

Результати фізико-механічних випробувань і хімічного аналізу фарбованого напівфабрикату

Показники	Варіанти обробки			
	10	10'	11	11'
Відносне видовження, %:				
– при напруженні 0,5 кг/мм ²	31	41	38	45
– при розриві	43	54	49	57
Навантаження при розриві, Н	6,7	9,9	7,2	8,3
Межа міцності, МПа	9,9	13,4	9,5	9,6
Вміст, %:				
– речовин, які екстрагуються органічними розчинниками	12,0	11,8	12,2	12,0
– вологи	12,0	12,5	12,2	12,4
– мінеральних речовин	6,5	6,6	6,8	6,7
– оксиду хрому в шкірній тканині хутра	0,5	0,6	0,8	1,0
Температура зварювання, °С	85	86	96	93

Як видно з наведених даних, додаткова обробка сполуками хрому призводить до додаткового структурування колагену дерми в результаті хімічної взаємодії сполук хрому з функціональними групами білка, дубильних речовин і барвників за участю OH– і NH₂– груп хромового комплексу, груп SO₃H– чи SO₃Na– барвника, аміно- чи карбоксильних груп колагену дерми, гідроксильних груп дубильних речовин. Про це свідчить підвищення температури зварювання дерми при одночасному зниженні межі міцності при розтягуванні. Вища температура зварювання спостерігається для зразків овчини, оброблених комплексними сполуками хрому (III) одночасно з процесом фарбування. Для цих же зразків спостерігається вищий вміст сполук хрому в шкірній тканині.

Стійкість забарвлення до прання визначали протягом 3-х циклів послідовного прання і висушування хутрового напівфабрикату. Визначили, що найбільша кількість барвника вимивається з волосу протягом першого циклу прання. Варіант 11 в першому циклі прання виявився найменш стійким (2 бали – незадовільно). При фарбуванні за цим варіантом використовували сполуки Cr (III) з витратою 5 г/л, одночасно при фарбуванні барвником «Рубіновим С».

В другому циклі прання найменшу стійкість також виявив 11 варіант. Найбільшу стійкість в другому і третьому циклі прання виявили варіанти 10 і 11' (4 бали). При фарбуванні за цими варіантами використовували барвники «Рубіновий С» і «Аніолен бордо», відповідно, з одночасним хромуванням сполуками Cr (III) (варіант 11') і Cr (VI) (варіант 10) з витратою 5 і 3 г/л, відповідно.

Ймовірно, це пояснюється тим, що барвник «Аніолен бордо» містить більшу кількість функціональних груп, здатних до взаємодії з комплексними сполуками хрому (III) з утворенням міцних зв'язків різних типів за участю гідроксильних і аміногруп хромового комплексу і сульфогруп барвника.

Висновки. Таким чином, застосування комплексних сполук хрому (III) для хромування одночасно з фарбуванням аніонним барвником марки «Аніолен бордо» забезпечує отримання яскравого забарвлення, стійкого до прання протягом 3-х циклів, при підвищенні ступеня відпрацювання протравного розчину за сполуками хрому щонайменше у півтора рази.

Список використаної літератури

1. Leather and furskin – reliable fibrous materials for medical use / С. Gaidau, L. Miu, V. Bratulescu and others // Proceeding of International Scientific Conference «Light industry – fibrous materials», Radom, 17-18 nov. 2005, p. 152-155.
2. Матеріали та виробы текстильні і шкіряні побутового призначення. Основні гігієнічні вимоги : ДСТУ 4239:2003 [Чинний від 01.10.2004]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 23 с. – (Національні стандарти України).
3. Високотехнологічні конкурентоспроможні і екологічно орієнтовані волокнисті матеріали та виробы з них : Монографія / [П.А. Глубіш, В.М. Ірклеї, Ю.Я. Клейнер, Н.М. Резанова, М.В. Цебрєнко, С.М. Кернер, В.Д. Омельченко, Ю.Т. Турчанєнко]. – К. : Арістей, 2007. – 264 с.
4. Андросов В.Ф. Синтетические красители в легкой промышленности: Справочник / В. Ф. Андросов, И. Н. Петрова. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 368 с.
5. Красители органические. Методы испытаний красителей для натуральной кожи : ГОСТ 13310-78– [Чинний від 1978-05-26]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 11 с. – (Національні стандарти України).
6. Плаван В.П. Хутрова овчина підвищеної термостійкості. Розробка технології органо-мінерального дублення / В.П. Плаван, А.Г. Данилкович, Кармен Гайдо // Вісник КНУТД. – 2006. – №4. – С. 79-84.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА ДЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КРАШЕНИЯ МЕХОВОЙ ОВЧИНЫ

ПЛАВАН В.П., ОХМАТ Е.А., КАЧОРОВСКАЯ О.П.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Национальный технический университет Украины «КПИ»

Цель. Создание и применение новых технологий для производства меховой овчины с комплексом специальных свойств, которая может использоваться для изготовления изделий медицинского (повязки для суставов, подстилки и т.д.) и бытового назначения (одеяла, ковры, детские «конверты», предметы интерьера и т.д.).

Методика. За основу выбрана типовая методика крашения шкурок кролика хромового метода дубления кислотными красителями для меха. Определяли устойчивость окраски волосяного покрова к стирке, пользуясь методикой определения устойчивости окраски к стирке перчаточных, галантерейных и одёжных кож.

Результаты. Предложен способ крашения мехового полуфабриката безхромового дубления с применением анионных красителей и дополнительной обработкой соединениями хрома (III) вместо соединений хром (VI), что обеспечивает получение яркой немаркой окраски, устойчивой к стирке в течение 3-х циклов.

Научная новизна. Впервые для крашения использовали битрисоксиметиламинометанохромат (III) натрия для дополнительной обработки соединениями хрома перед крашением анионными красителями.

Практическая значимость. Полученный полуфабрикат меховой овчины может использоваться для изготовления изделий медицинского и бытового назначения.

Ключевые слова: меховая овчина, крашение, соединения хрома, устойчивость окраски, устойчивость к стирке.

APPLICATION OF THE COMPLEX CHROMIUM COMPOUNDS FOR IMPROVEMENT OF THE DYEING TECHNOLOGY FOR SHEEPSKIN FUR

PLAVAN V., OKHMAT O., KACHOROVSKAYA O.

*Kiev National University of the Technology and Design
National Technical University of Ukraine «KPI»*

Purpose. The creation and application of new technologies for the production of sheepskin fur with special properties which can be used for the manufacture of medical products (bandages for joints, bedding, etc.) and household purpose (blankets, carpets, children's «envelopes», home furnishings, etc. d.).

Methodology. Conventional method of dyeing for rabbit skins with chrome method of tanning by acid dyes for fur has been selected as basis. The color fastness of hair to wash was determined, using the method of determining the color fastness to washing for glove, haberdashery and leather wardrobe.

Findings. A method for dyeing the fur skins non-chromium method of tanning using anionic dyes and additional processing by chromium compounds (III) instead of chromium compounds (VI), which provides a non-marking bright color, resistant to washing during 3 cycles.

Originality. For the first time битрисоксиметилминметанохромат (III) sodium was used for dyeing with additional processing by chromium compounds before dyeing with anionic dyes.

Practical value. The resulting semi-finished sheepskin fur can be used for the manufacture of products for medical and household use.

Keywords: sheepskin fur, dyeing, chromium compounds, color fastness, resistance to washing.

УДК 7.012.001.891

КУКОШ Ю.С., НИКОЛАЄВА Т. В.
Київський національний університет технологій та дизайну

**КОМПОЗИЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ
ДИЗАЙНЕРА В ПРОЕКТУВАННІ ТЕМАТИЧНОГО
ХУДОЖНЬОГО ОБРАЗУ ДЛЯ «ВОРК-ШОПУ»**

***Мета.** Визначення функцій та задач головних композиційних характеристик роботи дизайнера в проектуванні творчих ворк-шопів, на основі відбору та аналізу творчого джерела.*

***Методика.** При проведенні досліджень використано художньо-композиційний аналіз характерних ознак творчих джерел проектування стилістичного образу та структуру видовищного костюма, морфологічний синтез тектонічних характеристик побудови стилю та антуражу, предметно-аналітичний метод роботи з візуальними матеріалами.*

***Результати.** На основі проведеного аналізу визначено композиційні поняття утворення художнього образу та його складових, що дало можливість оптимального поєднання творчих заходів в досягненні функціонально та естетично довершеного результату рекламних фото сесій, моделюванні стилю та іміджу.*

***Наукова новизна.** Вперше визначено структуру побудови алгоритму проведення творчих ворк-шопів та аналіз формування образів літературних героїв. Наочно розкрито поняття мудборду та його роль у проектуванні образів перспективної колекції.*

***Практична значимість.** Розроблено рекомендації по організації роботи дизайнерів різних спеціалізацій в проектуванні стилю, іміджу та вирішенні художнього образу в процесі проведення «ворк-шопів».*

***Ключові слова:** ворк-шоп, тематичний одяг, антураж, стиліст, фото сесія, тектонічна структура, художній образ, «мудборд».*

Вступ. Великою популярністю в дизайні видовищного костюма користуються тематичні фотосесії, що являють собою створення рекламних тематичних фотознімків на певну образну тематику. Ідеями тематичних фотосесій можуть слугувати кінофільми, казки, сюжети з життя, характерні образи і певні стилі. Темою фотосесій, які використовуються у фешн-ілюстраціях, можуть бути постановочні тематичні зйомки, з використанням образної стилістики: історичних та народних костюмів, старовинних замків, картин природи, сучасних вулиць, промислових підприємств, тощо.

Особливою популярністю в модних молодіжних виданнях користуються теми: міфів, легенд, живі ляльки, герої кіно та мультиплікаційних фільмів. Фотосесії в стилі мілітарі також викликає підвищений інтерес. Тематикою можуть виступати навіть біблійні сюжети, або варіанти дитячих казок. Також є надзвичайно популярними художні образи природи та її різноманітних проявів.

Тематичні фотосесії можуть проводитися як в студії, так і у відповідних інтер'єрах або на природі. Перевага тематичної фотосесії в студії полягає у можливості використання постановочних студійних предметів та декорацій, професійного освітлення. В студії можна якісно підготувати макіяж і зачіску, зйомка не залежить від погодних умов та змін освітлення.

Але студійна фотосесія не завжди має змогу передати все багатство природи та оточуючого середовища. В той же час, тематичні фотосесії на природі відрізняються

динамічністю. Тематика може бути пов'язана з порою року, проявами погоди. Взимку це можуть бути зимові ігри (сніжки, катання з гірки, ліплення сніговика), а в теплу пору року - пляжний відпочинок, пікнік, ігри на свіжому повітрі.

Постановка завдання. В сучасному дизайні надзвичайно актуальним є об'єднання творчих особистостей різних спеціалізацій для досягнення оптимально якісного результату роботи. Такі заходи отримали назву «воркшопи» (від англ. «майстерня» - «робоча майстерня»). Основні відмінності воркшопу від семінарів, курсів і майстер-класів - це висока інтенсивність групової взаємодії, активність і творча самостійність учасників, з одночасним скеруванням творчих заходів на досягнення функціонально та естетично довершеного результату.

Учасники заходу використовують особистий досвід і професійні знання та вміння, які є у них за обраною темою і діляться ними з іншими учасниками заходу, що сприяє досягненню найбільш цікавих художніх рішень.

Кожен учасник воркшопу отримує індивідуальне завдання для вирішення конкретної творчої задачі. Результативність заходу визначається спільним внеском учасників на основі поглибленого аналізу та морфологічного синтезу обраних композиційних рішень.

Результати дослідження. Воркшоп представляє собою сучасний метод дизайнерської творчості, в якому є кілька дуже значущих особливостей, що сформульовані у наступних пунктах:

1. Процес є завжди колективним та поєднує фахівців різних творчих спрямувань.
2. Головною метою є отримання оптимальних індивідуальних рішень певної проблеми кожним його учасником.
3. Провідні цілі та напрямки роботи визначають самі учасники, які несуть відповідальність за процес формування оптимальних рішень.
4. Весь захід будується на залученні в процес кожного, взаємодії учасників та обміні творчими ідеями.
5. Процес передбачає мінімальну кількість теорії та максимальну – практичної роботи, який будується на особистому досвіді, знаннях і думках самих членів воркшопу.
6. Результатом роботи має бути досягнення творчих цілей, поставлених кожним її учасником перед початком заходу та оптимальне поєднання їх у розробці остаточного дизайнерського проекту.

Таким чином, воркшоп істотно відрізняється від семінарів, майстер-класів та інших форм творчої практичної роботи та навчання, в яких є вчителі та учні. Тут все відбувається колективно, з взаєною вигодою, збагаченням знаннями та досвідом творчої роботи.

Постановка завдання та пошук засобів його вирішення були задіяні в ході виконання дизайнерського проекту «Аліса в країні чудес», в якому брали участь: дизайнер-стиліст, візажист, перукар, фотограф. У завдання дизайнера-стиліста входило створення художнього образу. Для цього необхідним є поглиблений аналіз творчого джерела (книги, мультиплікаційні фільми «Аліса в країні чудес» (Мал.1)). «Пригоди Аліси в Країні чудес» - казка, написана англійським математиком, поетом і письменником Лютвіджем під псевдонімом Льюїс Керролл, яка була видана в 1865 році. У ній розповідається про дівчинку, яка потрапляє в уявний світ, населений дивними, біонічними антропоморфними істотами. Казка користується стійкою популярністю як у дітей, так і у дорослих, вважається одним з

кращих зразків літератури в жанрі абсурд. В ній використовуються численні математичні, лінгвістичні та філософські жарти і алюзії. Хід розповіді, структура казки, її образи мали сильний вплив на різні галузі мистецтва, особливо на жанр фентезі в літературі, театрі, кіно, графічному дизайні та проектуванні видовищного костюма [1].

Завданням ворк-шопу було обрано створення образу дівчинки Аліси і хлоп'ячого образу Божевільного капелюшника. Слід відзначити, що **художній образ** — це особлива форма естетичного бачення світу, в якій зберігається його предметно-чуттєвий характер, цілісність, життєвість, конкретність, на відміну від наукового пізнання, що подається у формі абстрактних, структурованих понять (Рис.1).

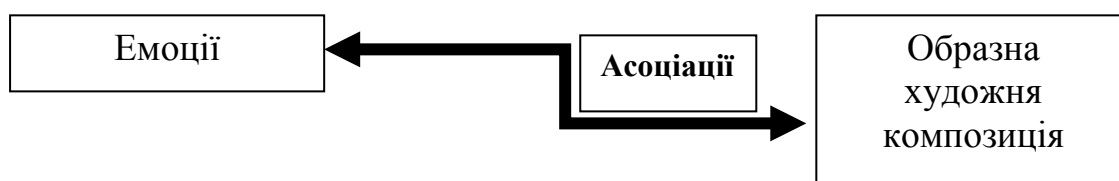


Рис.1. Схема формування художнього образу

Найважливішою особливістю асоціативної творчості в композиції костюма є те, що людина (а не тільки її одяг) є неодмінною частиною образу. Зовнішність людини (особливості фігури, кольоротип, форма обличчя, зачіска, манера рухатися і т.д.) повноправно беруть участь у створенні композиції. Емоції та характерологічні асоціації, які виникають у глядача при погляді на асоціативну композицію, переносяться на людину, одягнену в костюм відповідного стилю.

«Аліса у країні чудес» має багато екранізацій, що повноформатних, короткометражних та мультиплікаційних фільмах. Тематика твору також використана в музичних постановках, аудіокнижках, радіопостановках, комп'ютерних іграх. Образи Аліси та Божевільного капелюшника зустрічались та обігрувались багато разів, тому було поставлено завдання проведення аналізу художньо-композиційних характеристик цих образів та визначення, на основі морфологічного синтезу нових цікавих стилістичних характеристик в побудові як костюмів персонажів, так і самого художнього образу та всієї постановки.

Основою підбору художнього образу став кастинг (відбір) моделей, типаж яких відповідає персонажам. Аліса – життєрадісна, енергійна, впевнена в собі дівчинка. Божевільний капелюшник – фантазійний образ, що є генієм незвичних технологій, які використовує в керуванні розумом та фантазією [2].

В складові формування асоціативного образу входять: костюм; зачіска; візаж; пози, постановка; антураж, інтер'єр (Рис.2.).

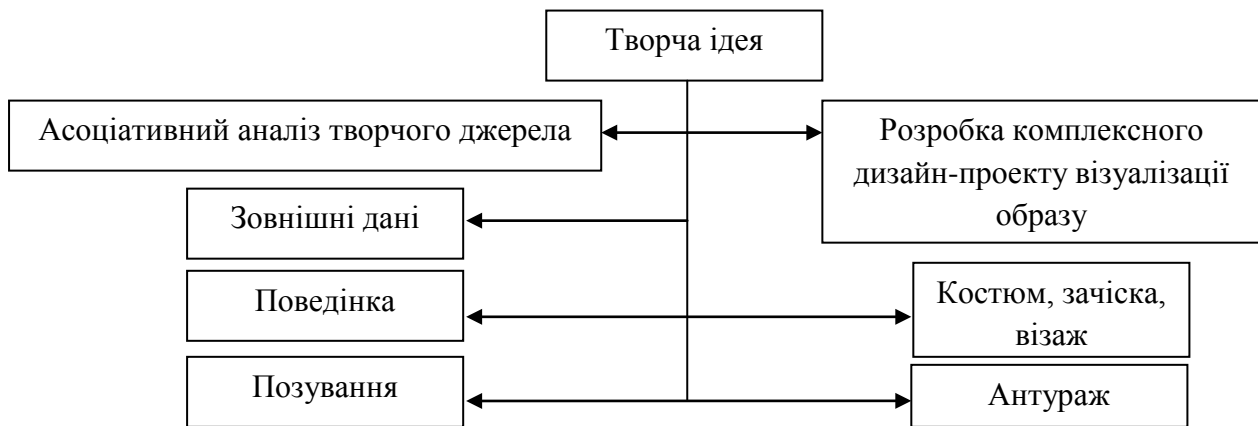


Рис.2. Алгоритм створення образу

Одяг виконує композиційні функції - створює образ (імідж) людини, який доповнюється прикрасами, аксесуарами, зачіскою та макіяжем. Для того, щоб передати у фотосесії образ в найбільш оптимальному сприйнятті, необхідно прийняти правильну позицію постановки фігури. Позування - це складне мистецтво, яке потребує значних акторських даних. Важливою складовою є також антураж (від фр. entourer - оточувати) - оточення, середовище, навколишня обстановка, інтер'єр [3].



Рис.3. Мудборд за мотивами твору «Аліса в країні чудес»

Для того, щоб краще проаналізувати прототипи образу, необхідним етапом є розробка мудборду (рис.3.). Мудборд (англ. Moodboard - «дошка настрою») - візуальне уявлення дизайн-проекту, що складається із зображень, описів, колористичних гармоній, зразків тканин та ін. Він слугує для відображення загального настрою та композиційних характеристик, тематики. Сприяє ефективній комунікації між членами творчої креативної команди. Мудборд часто виконується у вигляді колажів. Сьогодні поступово набирають популярність інтерактивні мудборди, створені на комп'ютері [4].

Наочна концепція «мудборду» дає змогу розробити структуру художньо-композиційних характеристик побудови форми костюмів (Рис.3.). На основі системно-структурового аналізу спроектовані моделі костюмів для постановочної фотосесії (Рис.4.).



Рис.4. Розробка костюмів за мотивами твору «Аліса в країні чудес»

Результати роботи спеціалістів, що працюють у команді та виконують свою частину роботи, були поєднані у створенні якісного творчого проекту (Рис. 5).

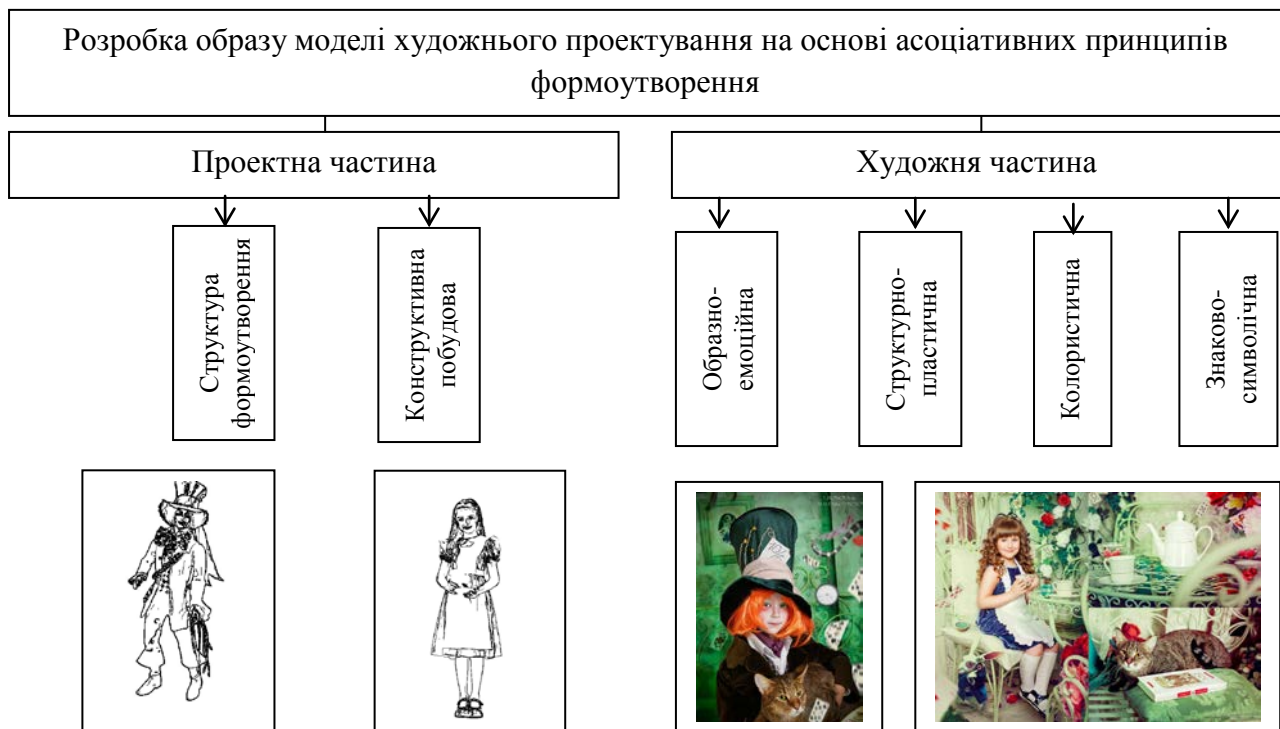


Рис. 5. Пошук художнього та проектного образу на основі асоціативних принципів формоутворення

Висновки. В результаті проведеної роботи визначено проектну сутність поняття воркшоп, що є активним розвиваючим методом групової роботи. Семінар є дослідженням, в центрі якого лежить окремо взята і неоднозначна проблема. Спеціальним чином організований процес роботи в групі дозволяє поглянути на неї об'ємно, з різних ракурсів. Основні відмінності воркшопу від заходів іншого типу - висока інтенсивність групової взаємодії, активність і самостійність творчого пошуку учасників, поглиблений аналіз художньо-композиційних характеристик обраного асоціативного джерела. При проведенні досліджень використано композиційний аналіз характерних ознак творчих джерел в

проектуванні образу, видовищного костюма, стилю та іміджу, а також морфологічний синтез тектонічних характеристик побудови структури стилістичного поєднання. Також було запропоновано предметно-аналітичний метод роботи з візуальними матеріалами - мудборд.

На основі проведеного аналізу визначено художньо-композиційні характеристики художнього образу та його складових. Вперше запропоновано алгоритм структури проведення творчих ворк-шопів та проектний аналіз створення стилістичного образу літературних героїв в проведенні сучасних творчих та рекламних фотосесій.

Список використаної літератури

1. Галинская И.Л. Льюис Кэрролл и загадки его текстов - М.: ИНИОН РАН, 1995.
2. Сыромятникова И. Взаимосвязь грима, прически и костюма в создание сценического образа. Искусство грима и макияжа. М.: РИПОЛ классик, 2005. С. 139-143.
3. Фотозустріч: "Magic of Wonderland". – К.: 2014. – [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://vk.com/event73849027>.
4. Пармон Ф.М. Композиция костюма / уч.для ВУЗов.-М.: Легпромбытиздат.-1997.-264 с.
5. Козлова Т.В. и др. Основы теории системного проектирования костюма / М.: Легпромбытиздат.-1988.-241с.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗАЙНЕРА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕМАТИЧЕСКОГО ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА ДЛЯ «ВОРК-ШОПА»

КУКОШ Ю.С., НИКОЛАЕВА Т.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Определение функций и задач главных композиционных характеристик работы дизайнера в проектировании творческих ворк-шопов, на основе отбора и анализа творческого источника.

Методика. При проведении исследований использованы художественно-композиционный анализ характерных признаков творческих источников проектирования стилистического образа и структуры зрелищного костюма, морфологический синтез тектонических характеристик построения стиля и антуража, предметно-аналитический метод работы с визуальными материалами.

Результаты. На основе проведенного анализа определены композиционные понятия создания художественного образа и его составляющих, что позволило оптимально сочетать творческие мероприятия в достижении функционально и эстетически совершенного результата рекламных фотосессий, моделировании стиля и имиджа.

Научная новизна. Впервые определена структура построения алгоритма проведения творческих ворк-шопов и анализ формирования образов литературных героев. Наглядно раскрыто понятие мудборда и его роль в проектировании образов перспективной коллекции.

Практическая значимость. В результате проведенных исследований разработаны рекомендации по организации работы дизайнеров разных специализаций в проектировании стиля, имиджа и решении художественного образа в процессе проведения «ворк-шопов».

Ключевые слова: *ворк-шоп, тематическая одежда, антураж, стилист, фотосессия, тектоническая структура, художественный образ, мудборд.*

**COMPOSITE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF DESIGNER
IN ART IMAGE PROJECTING FEATURE FOR "VORK-SHOP"**

KUKOSH Y.S. NIKOLAEVA T.V.

Kyiv national university of technologies and design

Purpose. Defining functions and tasks of the main characteristics of the composite designer in designing creative Vork shops, based on sampling and analysis of the creative source.

Methodology. When conducting research used artistic and compositional analysis of characteristic features of creative stylistic design source image and structure of spectacular costume synthesis morphological characteristics of tectonic construction style and surroundings, subject and analytical method of working with visual materials.

Findings. Based on the analysis the concept making of art composite image and its components, enabling the optimum combination of creative activities to achieve functionally and aesthetically perfect result publicity photosessions, modeling style and image.

Scientific novelty. For the first time defined the structure of the building algorithm of creative Vork-shop and analysis of images of literary heroes. The concept clearly mudbord and its role in the design perspective image collection.

Practical value. As a result of the research recommendations on the organization of the designers of different specializations in the design style, image and artistic image in solving in the process of "Vork-shop".

Keywords: *Vork shop, themed clothing, entourage, stylist, photosession, tectonic structure, character, mudbord.*

УДК 687.016:7.012

ДЖАЛИЛИАН Ф., БОГУШКО А. А., НИКОЛАЄВА Т. В.
Київський національний університет технологій та дизайну

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖИЛЕТА НА ОСНОВЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ИРАНСКОГО КОСТЮМА

Цель. *Определение аналитического метода расчета параметров разверток деталей изделия на базе построения профильных сечений жилета женского, проектируемого на основе национального иранского костюма, а также усовершенствованного построения линии проймы жилета, для улучшения эстетических и эргономических качеств.*

Методика. *В работе использованы современные методы аналитического и геометрического моделирования с использованием коробовой линии дуг кривых 2-го порядка и аналитического способа спрямляемых нитей для построения разверток.*

Результаты. *Разработаны аналитические алгоритмы построения усовершенствованной линии проймы жилета женского и разработано аналитическое обеспечение расчета параметров лекал и геометрической информации для автоматизированного проектирования элементов конструкции.*

Научная новизна. *Разработаны принципы аналитических расчетов параметров лекал и построения линии проймы современного жилета женского, проектируемого на основе национального иранского костюма; предложен новый способ построения разверток лекал с использованием способа спрямляемых нитей, что дает возможность улучшения посадки изделия на фигуре и применения в дизайне современной одежды, автоматизированных методов проектирования.*

Практическое значение. *Предложенный, в результате проведенных исследований метод аналитического расчета параметров лекал жилета женского дает возможность упрощения процесса расчета параметров разверток, улучшения посадки изделия на фигуре, повышения удобства его эксплуатации, в процессе носки, и эстетического восприятия костюма.*

Ключевые слова: *национальный костюм, современная одежда, радиус-вектор, угловой коэффициент, профильное сечение, дискретный ряд, аппроксимация.*

Вступление. Процесс разработки проекта современного изделия является творческим процессом, который подчиняется общим законам дизайнерской деятельности. Проведенные исследования показывают, что переход к новому качеству проектируемых изделий подтверждается развитием технологий процесса проектирования одежды. Переходы от некроеной к кроеной, и универсальной в конструктивном строении одежды, происходили под влиянием различных факторов, которые влияли на новые формы и методы построения конструкций.

Повышение сложности объектов проектирования требует применения принципиально новых, современных методов. Поэтому, для решения проектных задач, в методологию процесса проектирования вошли методы математического и геометрического моделирования [1].

Специфика проектирования швейных изделий заключается в том, что они одновременно являются предметами декоративно-прикладного искусства и объектами промышленного изготовления. В связи с этим, сочетание творческого и инженерного в процессе проектирования одежды становится наиболее актуальным при создании новых

перспективных моделей, где творческий процесс является наиболее важной составляющей частью процесса проектирования.

Современные САПР одежды дают возможность модифицировать конструкции и предоставляют практически неограниченные возможности для создания разнообразных модельных преобразований на основе базовых [2].

Постановка задачи. Последовательность разработки моделей одежды в современных САПР дает возможность выполнения различных этапов конструкторской подготовки производства одежды в автоматизированном режиме: от разработки эскиза модели до получения готовых лекал и проектно-конструкторской документации. На сегодняшний день автоматизированы почти все этапы конструкторской подготовки швейного производства, что способствует в значительной мере ускорению процесса проектирования одежды, но требует разработки системы проверки качества на всех этапах проектирования. Недостаточно разработаны еще методики проектирования новых моделей одежды на основе ассоциативных методов, с использованием разнообразных творческих источников, например, народного или национально костюма, которые в значительной степени обогащают существующие базовые конструкции и основы построения модельных конструкций.

При выборе в качестве основы модельной конструкции, народной иранской одежды, аналитическое обеспечение расчета параметров лекал современного жилета женского, проектируемого на основе национального костюма, даст возможность улучшения качественных характеристик построения базовой конструкции изделия.

Аппроксимировать профильное сечение жилета, проходящее через выступающую точку грудной железы, закономерными кривыми 2-го, 3-го или 4-го порядка нецелесообразно, так как этот участок – выпуклая, вогнутая или прямая линии. Его форма зависит от размеров грудной железы и ее высоты. Поэтому данный участок предлагается аппроксимировать коробовой линией дуг кривых 2-го порядка, а точнее “дуга окружности – прямая линия – дуга параболы” полочки и “прямая линия – дуга параболы” спинки [3].

Результаты исследования. 1. Определить параметры дуги на участке 1-2-3 (рис. 1) можно, воспользовавшись уравнением окружности, проходящей через три точки (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) :

$$\begin{vmatrix} x^2 + y^2 & x & y & 1 \\ x_1^2 + y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^2 + y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ x_3^2 + y_3^2 & x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Примем: $A = x_1^2 + y_1^2$, $B = x_2^2 + y_2^2$, $C = x_3^2 + y_3^2$.

Приведем квадратную матрицу к треугольному виду:

$$\begin{vmatrix} x^2 + y^2 & x & y & 1 \\ x_1^2 + y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^2 + y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ x_3^2 + y_3^2 & x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix} = (x^2 + y^2) \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix} - x \begin{vmatrix} A & y_1 & 1 \\ C & y_2 & 1 \\ C & y_3 & 1 \end{vmatrix} + y \begin{vmatrix} A & x_1 & 1 \\ B & x_2 & 1 \\ C & x_3 & 1 \end{vmatrix} -$$

$$-1 \begin{vmatrix} A & x_1 & y_1 \\ B & x_2 & y_2 \\ C & x_3 & y_3 \end{vmatrix} = 0.$$

Откуда:

$$(x^2 + y^2) (x_1 \cdot y_2 + y_1 \cdot x_3 + x_2 \cdot y_3 - x_3 \cdot y_2 - x_1 \cdot y_3 - x_2 \cdot y_1) - x (A \cdot y_2 + B \cdot y_3 + C \cdot y_1 - C \cdot y_2 - A \cdot y_3 - B \cdot y_1) + y (A \cdot x_2 + C \cdot x_1 + B \cdot x_3 - C \cdot x_2 - A \cdot x_3 - B \cdot x_1) - (A \cdot x_2 \cdot y_3 + C \cdot x_1 \cdot y_2 + B \cdot x_3 \cdot y_1 - C \cdot x_2 \cdot y_1 - A \cdot x_3 \cdot y_2 - B \cdot x_1 \cdot y_3) = 0.$$

Примем $D = x_1 \cdot y_2 + y_1 \cdot x_3 + x_2 \cdot y_3 - x_3 \cdot y_2 - x_1 \cdot y_3 - x_2 \cdot y_1$.

Тогда окончательно в системе координат yOz (профильная проекция) имеем:

$$A = y_1^2 + z_1^2, \quad B = y_2^2 + z_2^2, \quad C = y_3^2 + z_3^2, \\
D = y_1 \cdot z_2 + z_1 \cdot y_3 + y_2 \cdot z_3 - y_3 \cdot z_2 - y_1 \cdot z_3 - y_2 \cdot z_1, \\
y^2 \cdot D + z^2 \cdot D + y (A \cdot z_2 + B \cdot z_3 + C \cdot z_1 - A \cdot z_3 - B \cdot z_1 - C \cdot z_2) + z (A \cdot y_2 + B \cdot y_3 + C \cdot y_1 - A \cdot y_3 - B \cdot y_1 - C \cdot y_2) - (A \cdot y_2 \cdot z_3 + B \cdot y_3 \cdot z_1 + C \cdot y_1 \cdot z_2 - A \cdot y_3 \cdot z_2 - B \cdot y_1 \cdot z_3 - C \cdot y_2 \cdot z_1) = 0.$$

Из теоретического чертежа проектируемой модели были определены следующие координаты точек 1, 2 и 3:

$$y_1 = 209,5, \quad z_1 = 10, \\
y_2 = 213,5, \quad z_2 = 38,7, \\
y_3 = 198,5, \quad z_3 = 90,3.$$

Участок 1-2-3 жакета аппроксимировали дугой окружности, уравнение которой:

$$y^2 + z^2 - 228,8512 y - 75,75907 z + 4711,66534 = 0.$$

Откуда, ординаты дискретного ряда точек на соответствующих сечениях участка 1-2-3 (заданных значениях z) определяем по формуле:

$$y = 114,4256 + \sqrt{8381,55259 - z^2 + 75,75907 z}.$$

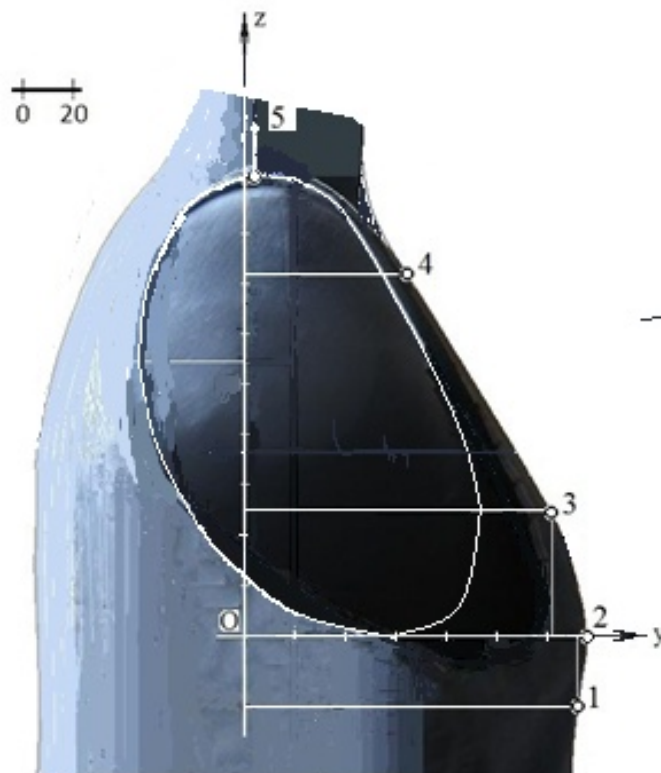


Рис. 1. Профильная проекция жилета

2. Для определения длин дуг окружности между горизонтальными секущими плоскостями с целью дальнейшего построения разверток был использован другой способ аппроксимации (рис.2.).

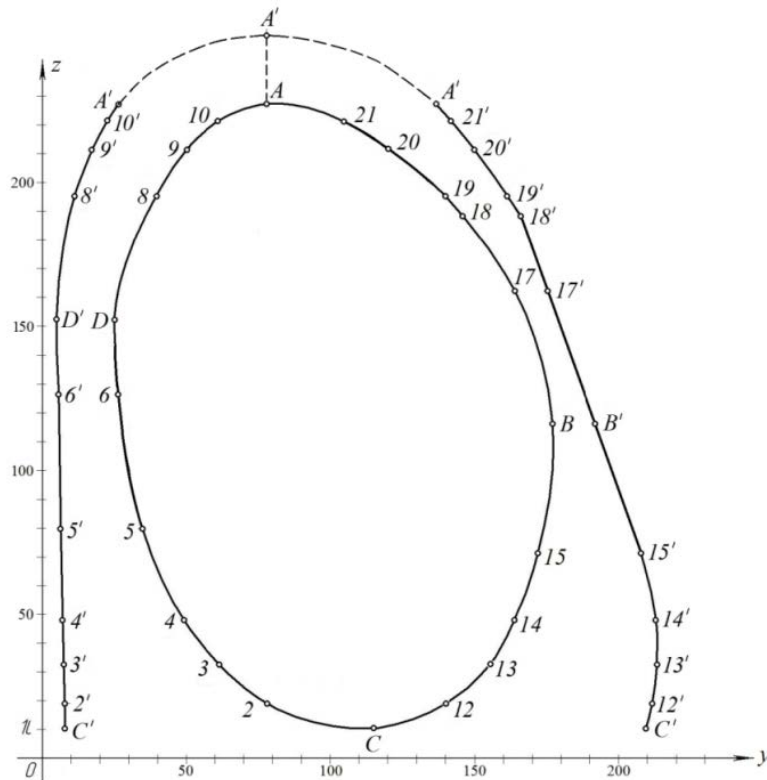


Рис. 2. Профильная проекция проймы и профильного сечения

2.1. Угловые коэффициенты хорд $1'-2'$ и $2'-3'$:

$$k_1 = (z_1 - z_2) / (y_1 - y_2) = (10 - 38,7) / (189,5 - 193,5) = 7,175 ,$$

$$k_2 = (z_2 - z_3) / (y_2 - y_3) = (38,7 - 90,3) / (213,5 - 198,5) = -3,44.$$

2.2. Координаты середин отрезков $1'-2'$ и $2'-3'$:

$$y_{C_1} = (y_1 + y_2) / 2 = 211,5, \quad z_{C_1} = (z_1 + z_2) / 2 = 24,35,$$

$$y_{C_2} = (y_2 + y_3) / 2 = 206, \quad z_{C_2} = (z_2 + z_3) / 2 = 64,5.$$

2.3. Координаты центра дуги окружности, которой аппроксимируем участок $1'-2'-3'$ грудной железы:

$$y_{O'} = \frac{k_3 y_{C_1} - k_4 y_{C_2} + z_{C_2} - z_{C_1}}{k_3 - k_4} = 114,432225 ,$$

$$z_{O'} = k_3 (y_{O'} - y_{C_1}) + z_{C_1} = 37,881248 ,$$

где k_3 и k_4 – угловые коэффициенты перпендикуляров к соответствующим хордам.

2.3. Решая совместно уравнение касательной, проходящей через точку $4'$, к окружности радиуса R с центром в начале координат:

$$\frac{z - z'_4}{y - y'_4} = \frac{-y'_4 z'_4 + R \sqrt{y_4'^2 + z_4'^2 - R^2}}{R^2 - y_4'^2} ,$$

где y'_4 и z'_4 – координаты точки $4'$, преобразованной переносом начала координат в точку O :

$$y'_4 = y_4 - y_o = 166 - 114,432225 = 51,567775 ,$$

$$z'_4 = z_4 - z_o = 188 - 37,881248 = 150,118752 ,$$

и уравнение окружности $y'^2 + z'^2 - R^2 = 0$, получим:

$$y'^2 - 186,592 y' + 8704,143 = 0.$$

Решая квадратное уравнение, получим $y' = 93,296$, а из уравнения окружности $z' = 33,334$. После обратного преобразования:

$$y = y' + y_0 = 93,296 + 114,4322 = 207,728,$$

$$z = z' + z_0 = 33,334 + 37,88125 = 71,215.$$

2.4. Для построения разверток полочки и спинки необходимо определить расстояние между горизонтальными сечениями (ординаты y_0) на отдельных участках.

Величина центрального угла α (теорема косинусов):

$$\cos \alpha = (2R^2 - a^2) / 2R^2 = 36^\circ 50',$$

где $a = 61,1296$ мм – длина хорды $l'-2'$.

Длины дуг окружностей L_i на отдельных участках:

$$L_i = (2\pi R \alpha_i) / 360^\circ,$$

где α_i – величины центральных углов на отдельных участках дуги окружности $l'-2'-3'$ (см. таблицу 2).

2.5. Дискретный ряд точек на отрезке прямой $3'-4'$ определим по формуле:

$$y = \frac{(z - z_3 + ky_3)}{k},$$

где k – угловой коэффициент отрезка 3-4: $k = \frac{z - z_3 + ky_3}{k}$.

2.6. Участок $4'-5'$ профильного сечения целесообразно аппроксимировать дугой параболы. Для этого из канонического уравнения параболы $y^2 = 2pz$ определим фокальный параметр p . Преобразуем координаты точек $4'$ и $5'$:

$$y_5 = 0, \quad z_5 = 0,$$

$$y_4 = y_4, \quad z_4 = z_5 - z_4.$$

Тогда $p = y^2 / 2z_4$.

Дискретный ряд точек профильного сечения на участке $4'-5'$ определим (с учетом преобразования координат) по формуле: $y = \sqrt{2pz_i}$.

2.7. Дискретный ряд точек на опорном участке спинки $D'A'$ (дуга эллипса) определим по формуле:

$$y' = b \sqrt{1 - \frac{z^2}{c^2}},$$

где b и c – величины полуосей дуги эллипса.

2.8. Горизонтальные сечения полочки и спинки аппроксимированы дугами эллипсов или дугами парабол. Длины спрямляемых нитей (нитей утка) определяли по формулам:

$$L = \frac{p}{2} \left[\sqrt{\frac{2x}{p} \left(1 + \frac{2x}{p}\right)} + \ln \left(\sqrt{\frac{2x}{p}} + \sqrt{1 + \frac{2x}{p}} \right) \right] \quad (\text{параболические сечения})$$

$$\text{или} \quad L = \frac{\pi}{4} (a + b) \left(1 + \frac{\lambda^2}{4} + \frac{\lambda^4}{64} + \frac{\lambda^6}{256} \right) \quad (\text{эллиптические сечения}).$$

Расчеты производились в Microsoft Excel, а результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Параметры аппроксимирующих кривых и координаты развертки жилета

Точки пройки	Участок пройки	Параметры аппроксимирующих кривых:			Координаты развертки			Преобразованные абсциссы
		полуоси эллипса		фокальный параметр параболы				
		a	b	p	X ₀	L _i	Y ₀	X' ₀
C	CD	210	107	–	255,5869	–	0	–
2		213	70,186	–	236,7945	9,195	9,195	–
3		204,6	53,969	–	220,706	13,729	22,924	–
4		196	41,997	–	207,0547	15,715	38,639	–
5		186,3	28,269	–	192,2552	24,347	62,986	–
6		172,7	21,939	–	176,7865	43,038	106,024	–
D		168,6	20	–	171,9489	36,008	142,032	–
8	DA	162	28,2237	2,458572	167,5416	44,398	186,43	–
9		159,6	32,6468	3,339015	167,2719	17,0	203,43	–
10		158	38,4142	4,669781	168,9213	10,81	214,24	–
A		155,2	51,5866	8,57338	172,7737	6,49	220,73	–
C	CB	210	94,5	–	247,836	–	0	255,587
12		194	71,549	–	219,8038	9,195	9,195	283,6192
13		182,3	58,042	–	201,6029	13,729	22,924	301,8201
14		173,4	49,216	–	189,5835	15,715	38,639	314,6936
15		164,3	32,314	–	172,2846	24,347	62,986	331,1384
B	BA	153,6	14,712	–	155,238	47,98	110,966	348,185
17		152,5	11,285	–	153,6755	49,35	160,316	350,1444
18		151,9	21,5	1,530629	156,2195	26,678	186,364	348,0858
19		151,85	21,484	1,523308	156,1651	–	195,67	347,6011
20		151,8	31,108	3,187443	159,7645	–	215,304	343,6585
21		152,2	37,478	4,554476	162,9368	–	228,196	338,57
A		155,2	58,562	11,04867	176,5816	–	236,28	326,8414

Из известных способов построения разверток – аналитических, графо-аналитических и графических – в работе использовали аналитический способ спрямляемых нитей [4]. Этот

способ применяли при построении условных разверток тел вращения с учетом возможных допущений:

– поверхности тел образуются множеством ниток – нитей утка:

– каждая нитка при спрямлении или изгибании деформируется независимо от соседних. Здесь вместо слова «изгибании» целесообразно использовать часто употребляемое архитекторами выражение «одевание поверхности». Площадь развертываемой поверхности отображается точно с установлением взаимно однозначного соответствия между точками поверхности и ее плоского отображения.

В конструировании одежды этот способ предложила применять А. Е. Святкина [4]. Вместе с перпендикулярными к ним нитям – нити основы – образуется *сетка*, хорошо известная при построении разверток. Длина нитей определялась в горизонтальных сечения, форма которых (эллиптическая или параболическая) зависит от высоты секущих плоскостей.

Параметры аппроксимирующих кривых и их длины приведены в табл. 2. а развертка спинки и полочки жилета, проектируемого на основе национального иранского костюма, на рис.3. Использование предложенных способов построения разверток деталей современных изделий, с учетом модельных особенностей национальной одежды, дает возможность улучшения ее качества и эксплуатационных свойств [5].

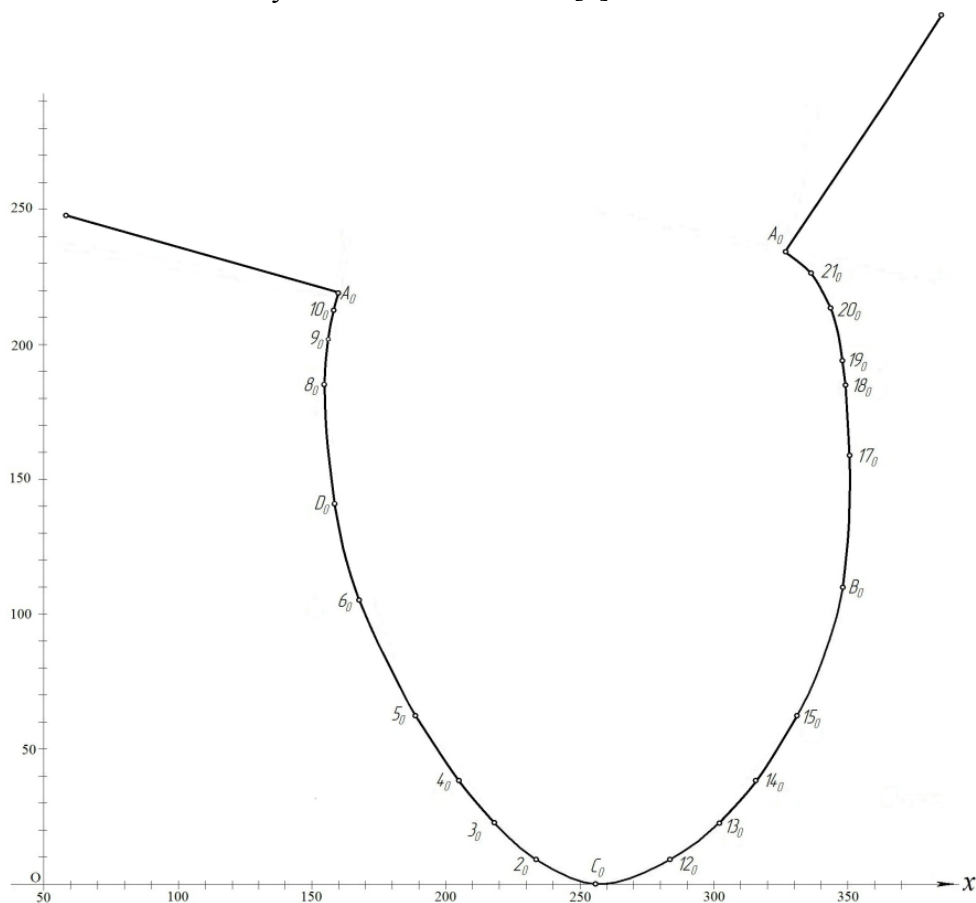


Рис. 3. Развертка спинки и полочки жилета

Выводы: Впервые, в проектировании современной женской одежды на основе модельных конструкций национального иранского костюма, использованы методы геометрического и аналитического обеспечения расчета параметров лекал жилета женского.

Применение способа косоугольного проецирования пространственной линии проймы, с учетом положения точек переднего и заднего углов подмышечной впадины, более точно учитывает взаимосвязь между основными размерными признаками, что дает возможность улучшения посадки изделия на фигуре, повышения удобства его эксплуатации и эстетического восприятия формы костюма, а также является предпосылкой для использования автоматизированных методов проектирования современной одежды в Иране, с использованием национальных и этнохудожественных традиций.

Список використаної літератури:

1. М. В. Колосніченко, В. Ю. Щербань, К. Л. Процик. Комп'ютерне проектування одягу: Навч. посібник. – К.: «Освіта України», 2010.
2. Н. Н. Раздомахин. Трехмерные геометрические модели в проектировании одежды. «Швейная промышленность», № 1, 1998.
3. М. С. Винничук, О. А. Богушко. Універсальний алгоритм побудови ліній ділянок плоскої пройми жіночого одягу опуклими кривими // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2007.
4. А. А. Богушко, О. А. Арцева, А. Є. Святкіна. Побудова розгортки плечової частини рукава. Вісник Технологічного університету Поділля. – № 6, 1999
5. Джалилиан Фахиме, А. А. Богушко, Т. В. Николаева. Усовершенствование метода проектирования проймы на основе национального иранского костюма. // Вісник КНУТД. – № 1 (82). 2015.

АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ЛЕКАЛ ЖИЛЕТУ, ПРОЕКТОВАНОГО НА ОСНОВІ НАЦІОНАЛЬНОГО ІРАНСЬКОГО КОСТЮМА

ДЖАЛІЛІАН Ф., БОГУШКО А.А., НІКОЛАЄВА Т. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Визначення аналітичного методу розрахунку параметрів розгорток деталей виробу на базі побудови профільних перетинів жилета жіночого, проектуваного на основі національного іранського костюма, а тако вдосконалення побудови лінії пройми жилета, для поліпшення естетичних і ергономічних якостей.

Методика. У роботі використані сучасні методи аналітичного та геометричного моделювання з використанням коробової лінії дуг кривих 2-го порядку і аналітичного способу спрямлюваних ниток для побудови розгорток.

Результати. В результаті проведених досліджень розроблені аналітичні алгоритми побудови удосконаленої лінії пройми жилета жіночого, розроблено аналітичне забезпечення розрахунку параметрів лекал і геометричної інформації для автоматизованого проектування елементів конструкції.

Наукова новизна. Розроблено принципи аналітичних розрахунків параметрів лекал і побудови лінії пройми сучасного жилета жіночого, проектуваного на основі національного іранського костюма, запропонований новий спосіб побудови розгорток лекал, з використанням способу спрямлюваних ниток, що дає можливість поліпшення посадки виробу на фігурі і застосування в дизайні сучасного одягу, автоматизованих методів проектування.

Практичне значення. Запропонований, в результаті проведених досліджень метод аналітичного розрахунку параметрів лекал жилета жіночого дає можливість спрощення

процесу розрахунку параметрів розгорток, поліпшення посадки виробу на фігурі, підвищення зручності його експлуатації, в процесі носіння, і естетичного сприйняття костюма.

Ключові слова: національний костюм, сучасний одяг, радіус-вектор, кутовий коефіцієнт, профільний перетин, дискретний ряд, апроксимація.

ANALYTICAL SOFTWARE CALCULATION PARAMETERS OF VEST PATTERNS BASED ON IRANIAN NATIONAL COSTUME

DZHALILIAN F., BOGUSHKO A.A., NIKOLAЄVA T. V.

Kiev National University of Technology and Design

Purpose. Determination of an analytical method for calculating parameters sweeps parts vest on the basis of the construction of sections of the profile of women's vest, designed based on Iranian national costume, an improved construction of the line armholes of his waistcoat, to improve the aesthetic and ergonomic qualities.

Methodology. We used modern methods of research using korobova line arcs of curves of 2nd order and the analytical method rectifiable threads.

Findings. The studies developed analytical algorithms for constructing an improved line armholes of his waistcoat female and developed analytic software for calculating parameters of curves and geometric data for CAD design elements.

Scientific novelty. The principles of analytical calculations of parameters of curves and construction of the armhole line modern vest female, designed on the basis of the National Iranian costume, a new method of constructing scans patterns, using the method of rectifiable threads, enabling improved planting articles in the figure and application design modern clothes, automated design techniques.

The practical significance. Proposed as a result of the research method analytical calculation options vest female curves allows to simplify the process of calculating the parameters of scans, improve planting articles in the figure, increasing the convenience of its use, in the process of socks, and aesthetic perception of the suit.

Keywords: national costume, modern clothes, radius vector, the slope, cross-sections, a discrete series, approximation.