

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІСНИК

**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

Серія «Технічні науки»

№ 3 (98), 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)

**№3 (98)
2016**

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

Свідectво 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 продовження) – 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 № 11 від 22.06.2016 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

№ 3 (98), 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)

**№3 (98)
2016** The state registration of print media is KB № 19330-9130 ІІР, 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, ПИИЛ, 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 № 11, originating date 22.06.2016

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.	Кошель С.О., Кошель Г. В. Кінематичне дослідження плоских механізмів четвертого класу зі змінним за формою замкненим контуром та трьома складними ланками.....	11
2.	Бекирова М.М., Калинина Т.А. Несущая способность балок при расчете по первому предельному состоянию.....	19
3.	Орловський Б.В., Ефіменко В.Б. Аналіз використання дискретних датчиків для орієнтування об'єкта в зоні обробки незрячим оператором на швейній машині.....	32
4.	Scherban V.Y., Semenova I.S., Kolysko O.Z., Sholudko M.I., Murza N.I. Determination of the transfer function of the comb tensioner of the threa.....	44
5.	Каплун В.В. Умовний динамічний тариф як критерій ефективності функціонування мікроенергетичних систем локальних об'єктів.....	50
6.	Резанова В.Г. Оптимізація складу чотирикомпонентних сумішей полімерів із застосуванням методу штрафних функцій.....	59
7.	Березін Л. М. Розрахунок податливої грані клину за критеріями жорсткості та довговічності.....	68
8.	Бекшаев С.Я. Качественные методы в задачах повышения устойчивости сжатых стержней.....	74
9.	Корнеева И.Б. Деформированное состояние пластин с учетом наследственной неоднородностью.....	83
10.	Балдук Г.П., Балдук П.Г. Алгоритм определения bal-индекса и методики получения сравнительных характеристик с его использованием.....	88
11.	Лисак О.В. Натурні дослідження тривалості використання вентилятора в динамічних теплоакумуючих електропечах.....	99
12.	Чабан В.В., Коробченко Є.О. Механізм накатування полотна круглов'язальної машини з приводним накатним валиком та вибір його параметрів.....	106
13.	Костюк А.И., Столевич И.А., Столевич О.И. Двухфакторная модель в моделировании поведения бетона под нагрузкой.....	112
14.	Щербань В.Ю., Піпа Б.Ф., Чабан О.В. Динамічні навантаження рукавичних автоматів зі зворотно-поступальним рухом кареток.....	118

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО, ШВЕЙНЕ ТА ТЕКСТИЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО. МЕТРОЛОГІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ

15. **Білей-рубан Н. В.** Надійність ниткових з'єднань трикотажних виробів як характеристика технічного рівня якості одягу..... 126
16. **Євстратенко І.Г., Галаган Р.М.** Аналіз методів контролю вологості текстильних матеріалів..... 134
17. **Круглий Д. Г.** Перспективи створення сировинної бази для целюлозно-паперових підприємств України..... 141
18. **Назарчук Л. В.** Якість та комфортність дитячого одягу з елементами трансформації..... 148
19. **Пастухов П.В., Лавренюк О.І., Михалічко Б.М.** Експлуатаційні властивості матеріалів на основі самозгасаючих епоксидних композицій..... 154
20. **Суховій А. В., Тіхосова Г. А., Круглий Д. Г.** Модифікація природних волокнистих наповнювачів для одержання високоякісних полімерних композиційних матеріалів..... 160

ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНІ, БІОЛОГІЧНІ, ФАРМАЦЕВТИЧНІ

21. **Куриптя Я.А., Савченко Б.М., Шостак Т.С., Новак Д.С., Іскандаров Р.Ш.** Електропровідні полімерні гібридні композити на основі полівінілхлориду..... 166
22. **Борисенко Ю.В., Нуріяхметова М.М.** Дослідження електрохімічних властивостей алюмінієвого сплаву В1341 системи Al-Cu-Mg-Si у нейтральних розчинах та його стійкості проти розшаровуючої корозії..... 173
23. **Іщенко О.В., Ляшок І.О., Стрілець А.А., Пронін А.О.** Поліпшення споживчих властивостей полімерних матеріалів..... 179
24. **Слепцов О.О., Сова Н.В., Савченко Б.М., Шостак Т.С.** Математичне моделювання процесу отримання привитих поліолефінів..... 185
25. **Слепцова І.Л., Сова Н.В., Савченко Б.М.** Термічна деполімеризація промислових відходів полімерів..... 193

ДИЗАЙН ТА МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

26. **Джалилиан Ф., Богушко А. А., Николаева Т. В.** Построение пространственной линии проймы женского жилета на основе національного костюма..... 200
27. **Прасол С.І., Струмінська Т.В., Пашкевич К.Л.** Аналіз художніх творів як засіб вивчення дисципліни «Перспектива та тіні»..... 206

УДК 621.01

КОШЕЛЬ С.О., КОШЕЛЬ Г. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

**КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛОСКИХ
МЕХАНІЗМІВ ЧЕТВЕРТОГО КЛАСУ ЗІ ЗМІННИМ ЗА
ФОРМОЮ ЗАМКНЕНИМ КОНТУРОМ ТА ТРЬОМА
СКЛАДНИМИ ЛАНКАМИ**

Мета. Кінематичне дослідження плоских складних механізмів четвертого класу зі змінним за формою замкненим контуром, утвореним шатунами та трьома складними ланками, кожна з яких несе на собі по три елементи кінематичних пар.

Методика. Використано графоаналітичний спосіб кінематичного дослідження плоских механізмів, який базується на визначенні положень особливих точок Ассура та точок, що є миттєвими центрами швидкостей шатунів. Задача розв'язана з використанням основних положень кінематичного дослідження теорії аналізу механізмів курсу теорії механізмів і машин та теорем курсу теоретична механіка про визначення кінематичних параметрів точок твердого тіла, що має плоско-паралельний рух.

Результати. Розглянуто кінематичне дослідження плоского механізму четвертого класу з замкненим контуром, утвореним шатунами та трьома складними ланками та визначено лінійні швидкості точок, що співпадають з центрами кінематичних пар шатунів.

Наукова новизна. Розроблено оригінальну послідовність дій графоаналітичного способу кінематичного аналізу складного плоского механізму четвертого класу з замкненим рухомим контуром, утвореним шатунами та трьома складними ланками, яка дозволила зробити можливим визначення за величиною та напрямком векторів абсолютних швидкостей точок шатунів, що мають плоско-паралельний рух.

Практична значимість. Запропоновано послідовність графоаналітичного дослідження складного плоского механізму, що дозволило зробити можливим виконання кінематичного аналізу механізму четвертого класу зі замкненим контуром, утвореним шатунами та трьома складними ланками, та яка може бути використана для виконання аналогічних досліджень складних механізмів четвертого та вищих класів.

Ключові слова: група Ассура, механізм, кінематичне дослідження, складна ланка.

Вступ. Технологічні процеси сучасних виробництв легкої промисловості обумовлюють певні критерії, за якими повинно удосконалюватись існуюче або проектуватись нове обладнання цієї галузі з метою забезпечення конкурентної здатності устаткування між виробниками технологічних машин. До таких вимог відносяться: підвищення швидкості роботи (збільшення частоти обертання головного валу) технологічного обладнання, збільшення різноманіття функціональних можливостей, підвищення точності взаємодії робочих органів машин, забезпечення складних траєкторій технологоутворюючих органів обладнання та наперед заданих законів руху (в деяких випадках для забезпечення виконання технологічного процесу виникає необхідність в одній або двох зупинках певної точки механізму на наперед заданий інтервал часу та в певних заданих положеннях циклу руху машини). Складність законів та рухів робочих органів обладнання, значна швидкість викликають необхідність застосування в структурних та кінематичних схемах механізмів машин шарнірних структурних груп з більшою кількістю ланок.

Переваги, які мають складні плоскі механізми вищих класів по відношенню до інших

привели до їх практичного використання в трикотажних [1], швейних [2], взуттєвих [3] машинах за умови недостатнього структурного, кінематичного та динамічного теоретичного дослідження. Пояснюється таке тим, що визначитись з універсальним способом, наприклад, кінематичного дослідження складних механізмів вищих класів, на нашу думку, неможливо: загально відомі способи дослідження [4] в повному обсязі можна застосовувати тільки до складних плоских механізмів третього класу деяких модифікацій. Спосіб наведений в роботі [5] має значно більші можливості застосування, що пов'язано з одночасним використанням можливостей метода дослідження [4] та положень про миттєві центри, умовні точки твердих тіл, що мають плоско-паралельний рух.

Певна невідповідність між практичним використанням та теоретичними дослідженнями плоских багатоланкових важільних механізмів вищих класів позначилися кількістю публікацій за останні десятиріччя: значна кількість робіт присвячена задачам аналізу таких механізмів. В деяких з них [6] розглянуті питання теорії будови складних механізмів вищих класів, в інших роботах [7] досліджуються питання кінематичного та силового аналізу, зокрема механізмів, що знайшли застосування в технологічному обладнанні легкої промисловості [8]. Актуальними залишаються роботи, в яких розглядаються питання кінематичного дослідження складних плоских механізмів за допомогою нових оригінальних способів аналізу: для дослідження різноманіття механізмів вищих класів необхідно підбирати та виконувати послідовність дій, які викликані використанням декількох способів кінематичного дослідження одночасно.

Постановка завдання. Метою роботи є розробка послідовності дій графоаналітичного способу кінематичного аналізу плоского механізму вищого класу, до складу якого надходить структурна група ланок четвертого класу третього порядку зі змінним за формою контуром та трьома складними ланками.

Результати та їх обговорення. Розглянемо складний плоский шарнірно-важільний механізм (рис. 1) з ступенем вільності $W=1$, що складається з ведучої ланки 1 та інших ведених ланок $2\div 7$, серед яких ланки $2\div 5$ – шатуни, 6,7 – коромисла. Початковий механізм (ланки 0,1) та група Ассура четвертого класу третього порядку, до складу якої надходить сукупність шістьох ланок $2\div 7$ разом з дев'ятьма кінематичними парами п'ятого класу (А, В, С, D, К, Е, М, N, L) утворюють механізм четвертого класу з одним ведучим кривошипом, формула будови якого має вигляд: $1\text{клас(ланки0,1)} \rightarrow 4\text{клас } 3\text{порядок(ланки } 2\div 7)$.

Структурною особливістю механізму є наявність змінного за формою замкнутого контуру В, Е, М, К, який утворений чотирма шатунами $2\div 5$, три з яких мають вигляд складних ланок 2, 3, 4, тому використати властивість механізмів вищих класів змінювати клас при умовній зміні початкового механізму [9] для даного механізму не вдається: для інших варіантів можливих початкових механізмів (ланки 0, 6 або 0, 7) формули будов механізму набувають вигляду механізму, що досліджується з іншою рухомою ланкою початкового механізму 6 або 7.

Для кінематичного дослідження механізму використовуємо наступні параметри: кутова швидкість ланки 1 ($\omega_1=\text{const}$, с^{-1}), масштаб довжин кінематичної схеми механізму (КІ, м/мм).

Задачу визначення кінематичних параметрів точок механізму четвертого класу розв'язуємо з використанням основних положень теорії кінематичного аналізу механізмів

курсу теорії механізмів і машин та положень курсу теоретична механіка про миттєві центри швидкостей (М.Ц.Ш.), щодо вивчення плоскопаралельного руху твердого тіла. Для дослідження застосовуємо графоаналітичний метод аналізу.

За умови заданої кутової швидкості ω_1 кривошипу 1 та його розмірів задаємося положенням точки «а» на плані та визначаємо масштаб плану $K_v \left(\frac{\text{м/с}}{\text{мм}} \right)$.

Визначаємо положення можливих особливих точок Ассура на плані положення механізму: з урахуванням того, що швидкості точок А, D, L або визначено ($\vec{V}_A$), або задаються кінематичною схемою ($V_D=V_L=0$) – за особливі точки обираємо S_3 та S_4 , які умовно належать до, відповідно, шатунів 3, 4.

Точка S_3 утворена перетином напрямку АВ та осью ліній ланки DC,

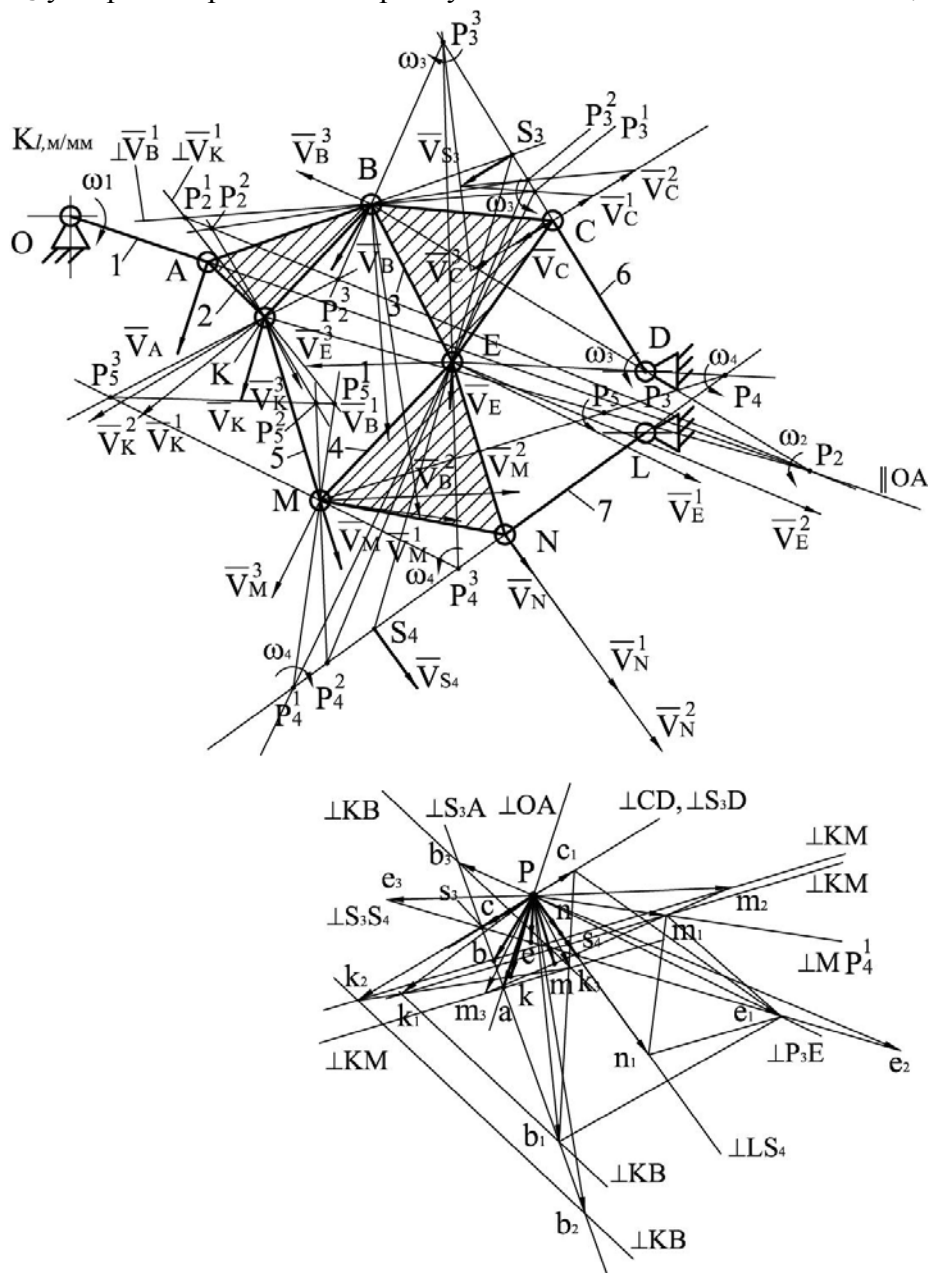


Рис. 1. Кінематична схема та план швидкостей механізму четвертого класу третього порядку

точка S_4 визначається перетином напрямку, який задається особливою точкою S_3 та точкою, що збігається з центром кінематичної пари E (утворена шатунами 3, 4) та осью ланки NL .

Складемо системи векторних рівнянь, які дозволяють визначити за величиною та напрямком вектори абсолютних швидкостей точок S_3, S_4 :

$$\begin{cases} \vec{V}_{S3} = \vec{V}_C + \vec{V}_{S3;C} = \vec{V}_D + \vec{V}_{C;D} + \vec{V}_{S3;C}, \\ \vec{V}_{S3} = \vec{V}_B + \vec{V}_{S3;B} = \vec{V}_A + \vec{V}_{B;A} + \vec{V}_{S3;B}, \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \vec{V}_{S4} = \vec{V}_E + \vec{V}_{S4;E} = \vec{V}_{S3} + \vec{V}_{E;S3} + \vec{V}_{S4;E}, \\ \vec{V}_{S4} = \vec{V}_N + \vec{V}_{S4;N} = \vec{V}_L + \vec{V}_{N;L} + \vec{V}_{S4;N}, \end{cases} \quad (2)$$

$$\vec{V}_{C;D} \perp S_3D, \vec{V}_{S3;C} \perp S_3D, \vec{V}_{B;A} \perp S_3A, \vec{V}_{S3;B} \perp S_3A,$$

$$\vec{V}_{E;S3} \perp S_4S_3, \vec{V}_{S4;E} \perp S_4S_3, \vec{V}_{N;L} \perp S_4L, \vec{V}_{S4;N} \perp S_4L.$$

На плані швидкостей визначаємо дійсні положення точок « S_3 » та « S_4 », як точок попарного перетину напрямків, що проведені, відповідно, перпендикулярно до відрізків S_3D , S_3A та S_4S_3 , S_4L .

За визначеними векторами дійсних абсолютних швидкостей двох точок S_3, S_4 , що умовно належать до двох різних базисних ланок 3, 4 дослідити абсолютні швидкості інших точок ланок загальноприйнятим способом неможливо. Пов'язано таке з структурними особливостями групи Ассура четвертого класу зі змінним за формою замкненим контуром: кінематична пара M утворена шатуном 4 та іншим шатуном 5, рух якого є невизначеним, тому знайти швидкість точки M обравши за полюс точку S_4 не можна. З іншого боку неможливо визначитись з абсолютними векторами швидкостей точок B, C, N, E , що співпадають з центрами внутрішніх кінематичних пар групи: системи векторних рівнянь, які можна скласти для таких точок за умови обрання за полюс тих чи інших точок, абсолютні швидкості яких визначено, не мають однозначного графічного розв'язку. Так, наприклад, система векторних рівнянь, яка може бути складена для точки B , за умови обрання точок A та S_3 полюсними, має графічне розв'язання в вигляді двох паралельних ліній, що перетинаються в вигляді накладання однієї лінії на іншу.

Пропонуємо наступну послідовність кінематичного аналізу з використанням положень про М.Ц.Ш. для ланок, які мають плоскопаралельний рух, що дозволяє зробити можливим виконання дослідження механізму четвертого класу.

На плані швидкостей задаємося довільною довжиною вектора $\vec{P}_{C_1}$ швидкості точки C за напрямком, який обумовлений належністю точки до коромисла CD . Робимо паралельний перенос векторів швидкостей $\vec{V}_C, \vec{V}_{S3}$ точок C та S_3 на план положення механізму зі збереженням їх довжини. За умови паралельності векторів $\vec{V}_C, \vec{V}_{S3}$ визначаємо можливе положення М.Ц.Ш. ланки 3 (точка P_3^1) на продовженні осьової лінії ланки CD ($CD \perp \vec{V}_C, CD \perp \vec{V}_{S3}$). Аналогічно, на лінії NL (лінії можливих положень М.Ц.Ш. ланки 4) визначаємо відповідне можливе положення точки P_4^1 , як точки перетину з напрямком P_3^1E ($P_3^1E \perp \vec{V}_E$).

За дійсними величинами швидкостей $\vec{V}_{S3}$, $\vec{V}_{S4}$ та отриманими можливими положеннями М.Ц.Ш. ланок 3, 4 розраховуємо величини можливих миттєвих кутових швидкостей ω_3 , ω_4 шатунів 3, 4:

$$\omega_3 = \frac{V_{S3}}{P_3^1 S_3} = \frac{P_{S3} \cdot K_V}{P_3^1 S_3}, \quad \omega_4 = \frac{V_{S4}}{P_4^1 S_4} = \frac{P_{S4} \cdot K_V}{P_4^1 S_4}, \quad \text{с}^{-1}, \quad (3)$$

де відрізки $P_3^1 S_3$, $P_4^1 S_4$ та P_{S3} , P_{S4} - відповідно, відстані на планах положення механізму (м) та швидкостей (мм);

K_V – масштаб плану швидкостей.

За напрямком кутові швидкості обумовлені напрямком лінійних швидкостей по відношенню до М.Ц.Ш. За теоремою теоретичної механіки про М.Ц.Ш. розраховуємо можливі величини швидкостей точок М, В, які належать до двох різних шатунів 5, 2:

$$V_M = \omega_4 \cdot (P_4^1 M \cdot K_l), \quad V_B = \omega_3 \cdot (P_3^1 B \cdot K_l), \quad \text{м/с}, \quad (4)$$

а їх напрямки визначаємо за напрямками кутових швидкостей ланок 4, 3 з кінематичної схеми механізму: $\vec{V}_M \perp P_4^1 M$, $\vec{V}_B \perp P_3^1 B$.

На плані швидкостей знаходимо положення точок « m_1 », « b_1 », як кінцевих точок векторів швидкостей $\vec{V}_M$, $\vec{V}_B$ відкладених в певному масштабі K_V плану.

Визначаємо вектор $\vec{P}_{k_1}$ можливої швидкості точки К шатуна 2 на плані швидкостей, для чого графічно розв'язуємо систему векторних рівнянь:

$$\begin{cases} \vec{V}_K = \vec{V}_B + \vec{V}_{K;B}, \\ \vec{V}_K = \vec{V}_M + \vec{V}_{K;M}, \end{cases} \quad (5)$$

де $\vec{V}_{K;B} \perp KB$, $\vec{V}_{K;M} \perp KM$.

Робимо паралельний перенос векторів $\vec{P}_{k_1}$ та $\vec{P}_{b_1}$ з плану швидкостей в відповідні точки плану положення механізму та за їх напрямками визначаємо положення точки P_2^1 (можливе положення М.Ц.Ш. шатуна 2) – точки перетину перпендикулярів до векторів $\vec{P}_{k_1}$ та $\vec{P}_{b_1}$, які побудовано з точок їх прикладання на плані положення.

Виникає протиріччя: знайдене можливе положення М.Ц.Ш. ланки 2 не відповідає напрямку дійсного вектора швидкості третьої точки складної ланки 2 – точки А, яка співпадає з центром кінематичної пари, що утворена кривошипом 1 та шатуном 2 механізму, тому положення точки P_2^1 - хибне положення М.Ц.Ш. ланки 2.

Звертаємо увагу на те, що сама можливість визначення положення М.Ц.Ш. шатуна 2 такою послідовністю дій є особливістю характерною для складного механізму вищого класу з наявністю змінного за формою замкнутого контуру, що утворений в нашому випадку чотирма шатунами, три з яких мають вигляд складної ланки. По суті, починаючи розв'язання задачі з умови довільно обраного за величиною вектора швидкості точки «С» була умовно змінена ведуча ланка механізму з кривошипа 1 на коромисло 6, але при цьому незмінними залишились структурні утворення механізму, які відповідають формулі будови механізму,

що досліджується.

Взаємозалежність рухів точок структурної групи Ассура, наявність замкненого контуру В, К, М, Е та складних ланок 2, 3, 4 дозволили виконати графічні дослідження з одночасною перевіркою достовірності отриманих результатів.

На рис. 1 наведені кінематична схема механізму четвертого класу, що досліджується та план швидкостей, на якому виконано графічні побудови для ще двох довільно обраних величин швидкостей точки «С», знайдено лінію хибних можливих положень М.Ц.Ш. шатуна 2 та визначено дійсне положення М.Ц.Ш. цієї ланки, як точки P_2 перетину лінії за напрямком $P_2^1 P_3^1$ з лінією ОА – лінією дійсних можливих положень М.Ц.Ш. ланки 2 ($OA \perp \vec{V}_A$). Аналіз виконаного графічного дослідження дозволяє стверджувати, що для отримання лінії хибних можливих положень М.Ц.Ш. шатуна 2 достатнім було б виконати дві спроби визначення хибних положень М.Ц.Ш. ланки 2, за якими можна побудувати пряму лінію можливих помилкових положень М.Ц.Ш.

За величиною швидкості $\vec{V}_A$ з урахуванням дійсного положення точки P_2 визначаємо величину миттєвої кутової швидкості ω_2 ланки 2 та розраховуємо швидкості точок В та К шатуна 2:

$$V_B = \frac{\omega_1 \cdot OA}{P_2 A} \cdot P_2 B \cdot K1, \quad V_K = \frac{\omega_1 \cdot OA}{P_2 A} \cdot P_2 K \cdot K1, \text{ м/с}, \quad (6)$$

де ОА, $P_2 A$, $P_2 B$, $P_2 K$ – відрізки з плану положення механізму, мм.

Напрямки векторів швидкостей визначаємо з кінематичної схеми механізму: $\vec{V}_B \perp P_2 B$, $\vec{V}_K \perp P_2 K$.

Визначаємо дійсне положення точки P_3 - М.Ц.Ш. шатуна 3, як точки перетину перпендикулярів до векторів швидкостей $\vec{V}_B$, $\vec{V}_C$, які проведені на плані положення механізму, відповідно, через точки В та С.

За величиною швидкості $\vec{V}_B$ робимо розрахунок величини кутової швидкості ω_3 ланки 3 та обчислюємо швидкості точок С, Е:

$$V_C = \frac{V_B}{P_3 B} \cdot P_3 C, \quad V_E = \frac{V_B}{P_3 B} \cdot P_3 E, \text{ м/с}, \quad (7)$$

а за напрямком: $\vec{V}_C \perp P_3 C$, $\vec{V}_E \perp P_3 E$ з урахуванням напрямку ω_3 .

Аналогічні дії повторюємо для складної ланки 4: положення точки P_4 - М.Ц.Ш. шатуна 4 знаходимо на перетині перпендикулярів до векторів швидкостей $\vec{V}_E$ та $\vec{V}_N$ (на перетині ліній $P_3 E$ та NL на плані положення механізму), що дозволяє визначити миттєву кутову швидкість ланки 4 за величиною і напрямком та розрахувати лінійні швидкості точок N, М за величиною, а напрямком векторів обумовлений миттєвим обертальним рухом шатуна 4 навколо М.Ц.Ш. ланки 4.

Висновки. Розроблено оригінальну послідовність дій для графоаналітичного способу кінематичного аналізу плоского механізму четвертого класу, яка дозволила зробити можливим визначення за величиною та напрямком векторів абсолютних швидкостей точок шатунів, що утворюють змінний за формою замкнений контур.

Список використаної літератури

1. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин / В.Н. Гарбарук – Л.: Машиностроение, 1980. – 472 с.
2. Сункуев Б.С. Расчет и конструирование исполнительных механизмов машин: Учебное пособие для студентов вузов по специальности “Машины и аппараты текстильной, легкой промышленности и бытового обслуживания”. – Витебск: ВГТУ, 2003. -115 с.
3. Сторожев В. В. Машины и аппараты легкой промышленности / В. В. Сторожев – М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 400 с.
4. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский – М.: Наука, 1988 – 640 с.
5. Кошель С. А. Определение ускорений точек сложных плоских механизмов графоаналитическим способом / Кошель С. А., Кошель А. В. - // Вестник ВГТУ. - Витебск – 2015 Выпуск 29, С. 55-62.
6. Кикин А.Б. Аналитико-оптимизационный синтез шестизвенного механизма с выстоем / А.Б. Кикин, Э.Е. Пейсах// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 5. – С. 79-83.
7. Дворников Л.Т. Исследование кинематики и кинетостатики плоской шарнирной шестизвенной группы Ассура с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром/ Л.Т. Дворников, С.П. Стариков // Известия ВУЗов, «Машиностроение». – 2008. – №4. – С. 3 – 10.
8. Гебель Е. С. Моделирование кинематики механизма игл основывающейся машины / Е. С. Гебель, Е. В. Солонин // Сборник материалов X междунар. научно-практ. конф. «Теоретические знания в практические дела»: в 2 ч. – Омск.: Филиал ГОУ ВПО «РосЗИТЛП» в г. Омске, 2009. Ч. 2. – С. 211 – 215.
9. Кошель С. О. Структурний аналіз плоских механізмів третього класу / Кошель С. О., Кошель Г. В. - // К.: Вісник КНУТД. - 2013 – № 2, с. 26-34.

КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ ЧЕТВЕРТОГО КЛАССА С ИЗМЕНЯЕМЫМ ПО ФОРМЕ ЗАМКНУТЫМ КОНТУРОМ И ТРЕМЯ СЛОЖНЫМИ ЗВЕНЬЯМИ

КОШЕЛЬ С.А., КОШЕЛЬ А.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Кинематическое исследование плоских сложных механизмов четвертого класса с изменяемым по форме замкнутым контуром образованным шатунами и тремя сложными звеньями, каждое из которых несет на себе по три элемента кинематических пар.

Методика. Использован графоаналитический способ кинематического исследования плоских механизмов, который базируется на определении положений особых точек Ассура и точек, которые являются мгновенными центрами скоростей шатунов. Задача решена с использованием основных положений кинематического исследования теории анализа механизмов курса теории механизмов и машин и теорем курса теоретической механики о определении кинематических параметров точек твердого тела, которое совершает плоско-параллельное движение.

Результаты. Рассмотрено кинематическое исследование плоского механизма четвертого класса с замкнутым контуром образованным шатунами и тремя сложными звеньями и определены линейные скорости точек, которые совпадают с центрами

кінематических пар шатунов по величині і напрямленню.

Научная новизна. Разработана оригинальная последовательность действий для графоаналитического способа кинематического анализа сложного плоского механизма четвертого класса с замкнутым подвижным контуром, образованным шатунами и тремя сложными звеньями, которая сделала возможным выполнить определение по величине и направлению векторов абсолютных скоростей точек шатунов, которые совершают плоско-параллельные движения.

Практическая значимость. Предлагаемая последовательность графоаналитического кинематического исследования сложного плоского механизма позволила сделать возможным выполнение кинематического анализа механизма четвертого класса с замкнутым контуром, образованным шатунами и тремя сложными звеньями и может быть использована для выполнения аналогичных исследований сложных механизмов четвертого и выше классов.

Ключевые слова: *группа Ассура, механизм, кинематическое исследование, сложное звено.*

STUDY OF KINEMATICAL OF FOURTH CLASS FLAT MECHANISMS WHICH HAVE GEOMETRIC CHANGES OF CLOSED-LOOP AND THREE COMPLEX LINKS

KOSHEL S., KOSHEL A.

Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. Study of kinematic planar complex mechanisms fourth class variable closed loop shape formed by the three links and complicated units, each of which carries a three element kinematic pairs.

Methodology. Method was used of graphic-analytical kinematic study of flat mechanisms, which is based on the determination of the provisions of the singular points of the Assur and points of instantaneous velocity of the centre of rods. . The problem is solved with the use of the main provisions of study of the kinematic mechanisms and theorems of theoretical mechanics of determining the kinematic parameters of the solid points of the body, which makes the plane-parallel movement.

Findings. Considered the kinematic study of flat mechanisms of the fourth class with closed loop formed by the rods and three complex units and determine the vector of linear speed of points, which coincide with the centers of the kinematic pairs of rods in magnitude and direction.

Originality. An original sequence of actions for the graphic-analytical method for kinematic analysis of planar complex mechanism of the fourth class with the closed mobile circuit formed by three rods and complex units, which made it possible to perform the determination of the magnitude and direction of vectors of absolute velocities of rods points that make plane-parallel movement.

Practical value The proposed sequence of the study allowed us to make it possible to perform a kinematic analysis of the mechanism of the fourth class with the closed loop and can be used to perform similar studies the complex mechanisms of the fourth and higher grades.

Keywords: *Assur group, mechanism, the kinematic study, complicated link.*

УДК 624.04:624.031.

БЕКИРОВА М.М., КАЛИНИНА Т.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ БАЛОК ПРИ РАСЧЕТЕ ПО ПЕРВОМУ ПРЕДЕЛЬНОМУ СОСТОЯНИЮ

Цель. Определение несущей способности балки и максимальных нагрузок для расчета балок по первому предельному состоянию.

Методика. Несущая способность балок – это характеристики сечения балки, которая определяет величину максимального момента и способность балки нести все нагрузки. Функции и линии влияния несущей способности определяются через уравнения статики.

Результаты. Несущая способность балки больше несущей способности сечения и только при чистом изгибе они совпадают даже по размерности. Получены функции несущей способности от подвижных сосредоточенных сил, участков равномерно распределенной нагрузки, сосредоточенных моментов на опорах и моментов от сил на консолях, построена линия влияния несущей способности. По эпюрам несущей способности балки определяются максимальные нагрузки и зоны резерва несущей способности балки.

Научная новизна. Поставлена и решена новая задача — определение несущей способности балки через несущую способность сечения. Несущая способность формируется под силами, и балка должна нести эти силы. Несущая способность балки определяет верхнюю границу максимальных нагрузок. Приведен алгоритм построения линии влияния несущей способности. Поставлена проблема оптимального нагружения балки с использованием резерва несущей способности.

Практическая значимость. Получены формулы несущей способности и составлены алгоритмы построения линии влияния несущей способности. Несущая способность сечения величина постоянная, а несущая способность балки изменяется и зависит от величины внешнего момента в сечении. По эпюрам несущей способности можно определить зоны резерва несущей способности.

Ключевые слова: несущая способность, сечение, балка, резерв, влияние.

Введение. Несущая способность балок служит верхней оценкой при расчете балок по первому предельному состоянию [1, 3-7]. Расчет по первому предельному состоянию выполняется по максимальному моменту, который определяется по эпюре. При реконструкции или вариантом проектировании нагрузки могут меняться и по величине, и по месту приложения. В этом случае эпюры несущей способности балки оказываются весьма полезными. По величине несущей способности $R_{н.с.}$, $M_{н.с.}^*$, $q_{н.с.}^*$ определяется величина нагрузки.

Постановка задачи. Определить функцию несущей способности балки через несущую способность сечения балки для разных нагрузок. Построить эпюры несущей способности балки, определить зоны резерва несущей способности. Записать алгоритм и построить линию влияния несущей способности. Выполнить нагружение одной силой, двумя, тремя и определить величины этих сил.

Расчет изгибаемых элементов металлических конструкций по первой группе предельных состояний при упругой работе материала выполняется по условию [2]

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \leq R_y \gamma_c \quad (1)$$

Б.Г. Нил не учитывал марки стали и условий работы и записывал упругий момент M_y , при котором предел текучести достигается лишь в крайних волокнах сечения балки [2]:

$$M_y = W\sigma_t. \quad (2)$$

Если по условию задачи требуется исчерпание несущей способности только в крайних волокнах сечения балки, тогда из (2) и (1) следует, что считать несущей способностью сечения балки нужно

$$M_{н.с.1} = W\sigma_t, \quad (3)$$

$$M_{н.с.2} = WR_y. \quad (4)$$

Запишем равенство момента под силой и в сечении для шарнирно опертой балки с силой F по середине пролета:

$$\frac{F_{max}l}{4} = W\sigma_{max}.$$

Если σ_{max} достигнут σ_t , тогда F_{max} нужно заменить на несущую способность балки $P_{н.с.}$.

$$P_{н.с.1} = \frac{4W\sigma_t}{l}. \quad (5)$$

Между $P_{н.с.1}$ и F_{max} должно выполняться условие

$$F_{max} \leq P_{н.с.1}. \quad (6)$$

Для F_{max} $P_{н.с.1}$ — это верхняя оценка.

Если $F_{max} = \frac{4W\sigma_t}{l}$, тогда реакция $V_A = V_B = \frac{2W\sigma_t}{l}$. Момент под силой $M_{max} = \frac{2W\sigma_t}{l} \cdot \frac{l}{2} = W\sigma_t$. Таким образом происходит исчерпание несущей способности балки по силам и моменту.

Результаты исследования. Несущая способность шарнирно-опертой статически определимой балки.

Шарнирно-опертую балку загрузим единичной силой $F=1$. Перемещая силу и фиксируя ее через $0,1l$, построим эпюры моментов и огибающую (рис. 1)

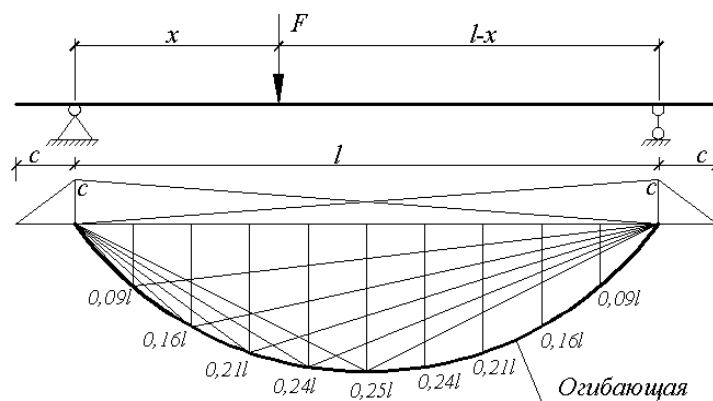


Рис. 1. Схема балки, эпюры и огибающая

Момент от силы $\bar{F}$ под силой

$\overline{M}(x) = x\left(1 - \frac{x}{l}\right)$ — уравнение огибающей.

Умножаем правую часть на P , и приравняем к (3):

$$Px\left(1 - \frac{x}{l}\right) = WR_y,$$

откуда получим функцию несущей способности

$$P_{н.с.1} = \frac{WR_y}{\left(x - \frac{x^2}{l}\right)}. \quad (7)$$

Между внешней силой F и $P_{н.с.2}$ должно выполняться условие

$$F \leq P_{н.с.2} \quad (8)$$

В данном случае балка несет одну силу, и она может находиться на балке в любом месте, причем, в этом месте должно выполняться условие (8).

Например, такую ситуацию можно наблюдать при расчете подкрановых балок.

Несущая способность балки зависит от прочности материала, момента сопротивления, пролета балки и места приложения силы. Несущая способность балки ограничивает силу сверху, а сила указывает в балке, где нужно формировать несущую способность. Но несущую способность балки можно определить на участках балки между реакцией и силой.

Результаты вычисления $P_{н.с.2}$ по (7) представлены в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1

Несущая способность балки $P_{н.с.}$ по (7)

x	$0,1l$	$0,2l$	$0,3l$	$0,4l$	$0,5l$	Консоль
Момент	$0,09l$	$0,16l$	$0,21l$	$0,24l$	$0,25l$	x_k
$P_{н.с.}$	$\frac{11,11R_y W}{l}$	$\frac{6,25R_y W}{l}$	$\frac{4,76R_y W}{l}$	$\frac{4,16R_y W}{l}$	$\frac{4R_y W}{l}$	$\frac{R_y W}{l}$

При перемещении силы F от опор к центру балки моменты растут, а несущая способность падает. Для сечений расположенных влево и вправо от середины балки появляется резерв несущей способности. Таким образом, возникает проблема оптимального нагружения балки.

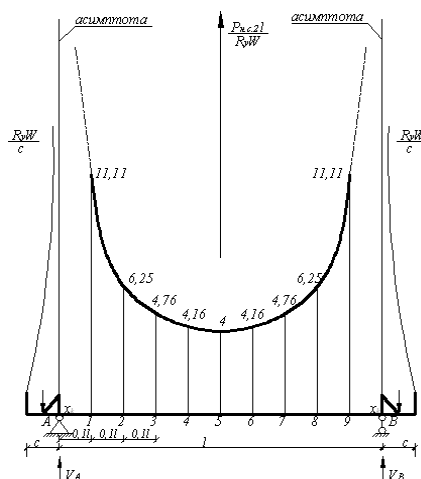


Рис. 2. Функция влияния несущей способности

Следовательно, центральную часть балки нужно разгрузить или силу в центре балки передать через вышележащую балку на соседние сечения.

Загружение балки одной силой. Теперь построим эпюру несущей способности от неподвижной силы F (рис. 3,а). Несущая способность балки $P_{н.с.}$ определяется через моменты в сечениях эпюры моментов. Например, в сечении 1 момент $M_1 = 0,05Fl$, F заменяем на $P_{н.с.}$ и приравниваем к $M_{н.с.}$ по (4):

$$M_{н.с.} = R_y W.$$

$$\text{Откуда } P_{н.с.} = \frac{R_y W}{0,005l} = \frac{20R_y W}{l}.$$

Эпюра несущей способности показана на рис. 3, б.

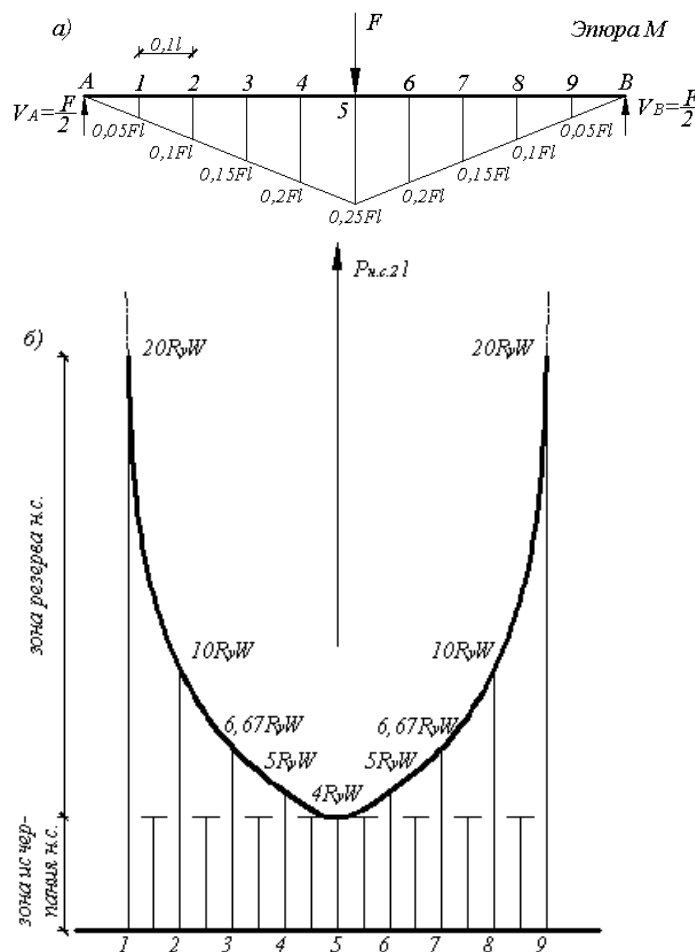


Рис. 3: а — эпюра моментов; б — эпюра несущей способности балки

Несущая способность сечения – это расчетная характеристика, которая получена при известном законе распределения напряжений. Несущая способность балки формируется под силой и в сечениях, где возникают моменты. Например, от силы F_{max} в 5-ом сечении момент не возникает, а от реакций возникает и в сечениях, где силы нет.

Использовать резерв несущей способности, если силу перемещать в другое место нельзя, тогда можно уменьшить сечение балки.

Эпюра — линейная функция, а несущая способность — нелинейная. Несущая

способность под силой дает максимум этой силы

$$F_{\max} = P_{н.с.} = \frac{4R_y W}{l}.$$

Реакция $V_A = \frac{2R_y W}{l}$. Момент под силой $M_5 = \frac{2R_y W}{l} \cdot \frac{l}{2} = R_y W$ — это и есть несущая способность сечения. Несущая способность в 5-ом сечении уравнивает максимальную силу. В остальных сечениях, где сил нет, возьмем $P_{н.с.}$ в первом сечении $F_{\max} = \frac{20R_y W}{l}$. Тогда реакция $V_B = \frac{2R_y W}{l}$. Момент в 5-ом сечении $M_5 = \frac{2R_y W}{l} \cdot \frac{l}{2} = R_y W$, а это есть несущая способность сечения.

Балка загружена одной силой, но через реакции она присутствует во всех сечениях. Балка может нести эти силы, но не сразу, а по одной. Для балки на рис. 3,а она будет нести только одну силу. По эпюре $P_{н.с.}$ балка показывает возможность прикладывать силу большей величины, чем та, которой загружена.

Несущая способность балки загруженной двумя силами. Силы располагаются симметрично, равны друг другу и перемещаются от опор к центру балки (рис. 4).

Первое фиксированное положение, когда $F_{лев}$ в 1-ом сечении, $F_{пр}$ — в 9-ом. Затем силы перемещаются с шагом $0,1l$ и окажутся обе в 5-ом сечении, зона чистого изгиба исчезает.

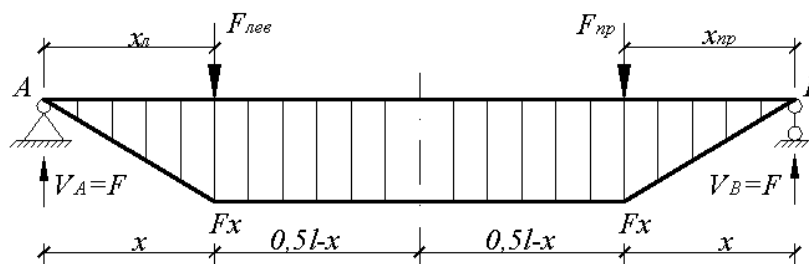


Рис. 4. Схема загрузки и эпюра моментов

Момент под силами и в зоне чистого изгиба

$$M_{(x)} = F \cdot x. \quad (8)$$

$$P_{н.с.3} = \frac{RW}{x}. \quad (9)$$

Результаты вычислений по (8) представлены в табл. 2 и на рис. 5.

Несущая способность под силами и в зоне чистого изгиба определяется через момент (8). При $x = 0,1l$ несущая способность достаточно близка к несущей способности от одной силы. Моменты в симметричных сечениях $x = 0,1l$ и $x = 0,9l$ отличаются на 10% по сравнению с нагружением балки одной силой. Когда силы приближаются к середине балки, несущая способность уменьшается по сравнению с одной силой в 2 раза.

Таблица 2

Несущая способность $P_{н.с.3}$ по (9)

Силы	$F_{лев}$					$F_{пр}$				
x	0,1l	0,2l	0,3l	0,4l	0,5l	0,4l	0,3l	0,2l	0,1l	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_3^*	$\frac{10R_y W}{l}$	$\frac{5R_y W}{l}$	$\frac{0,333R_y W}{l}$	$\frac{2,5R_y W}{l}$	$\frac{2R_y W}{l}$	$\frac{2,5R_y W}{l}$	$\frac{0,333R_y W}{l}$	$\frac{5R_y W}{l}$	$\frac{10R_y W}{l}$

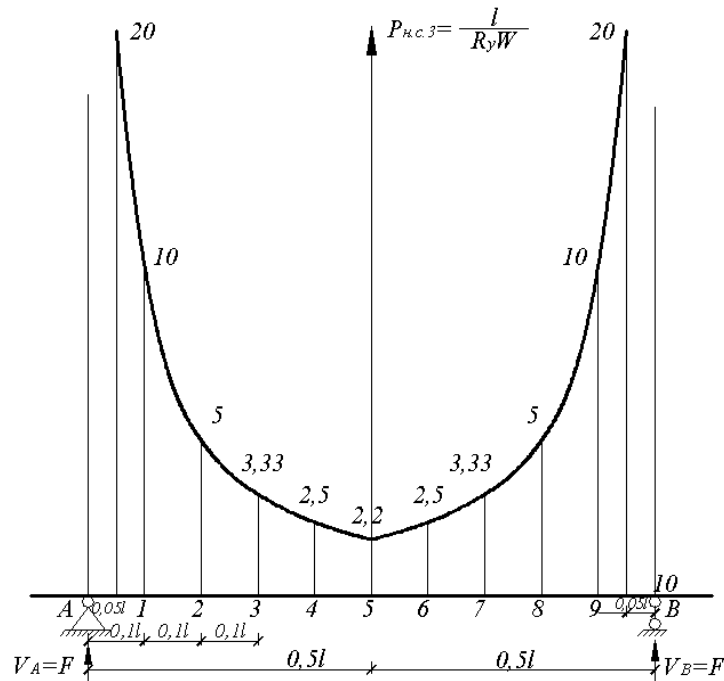


Рис. 5. Функция влияния несущей способности $P_{н.с.3}$ по (9)

В 5-ом сечении оказались две силы. При наличии одной силы несущая способность сечения $P_5^* = \frac{4R_y W}{l}$. Поэтому в данном случае ее делим на 2.

Если сила $F_{лев}$ в 1 сечении, а $F_{пр}$ в 9-ом, то зона чистого изгиба будет $0,8l$, тогда несущая зона

$$A_{н.с.}^* = \frac{10R_y W}{l} \cdot 0,8l = 8R_y W. \quad (10)$$

Следует заметить, что несущая способность балки совпадает с несущей способностью сечения по величине и по размерности. Материал всей зоны оказывается в первом предельном состоянии. **Определение несущей способности при загрузке концевых участков балки равномерно распределенной нагрузкой (рис. 6).**

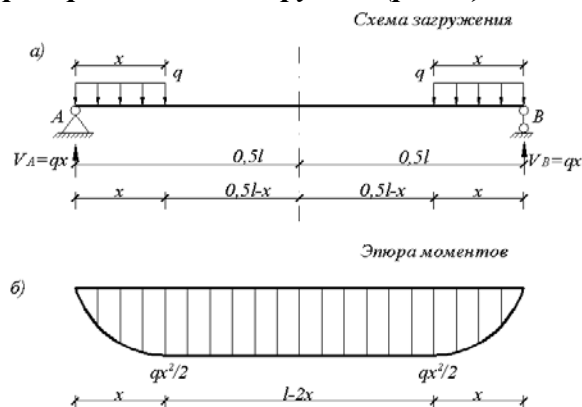


Рис. 6. Схема балки с нагрузкой и эпюра моментов

Через момент в конце участка с распределенной нагрузкой

$$M(x) = \frac{qx^2}{2}. \quad (11)$$

будем определять несущую способность

$$q_{н.с.}^*(x) = \frac{12R_y W}{x^2}. \quad (12)$$

Если равнодействующую R_q равномерно распределенной нагрузки q приложить по середине балки, то несущая способность будет в два раза меньше, чем по (7), как и изгибающий момент.

Балка реагирует не только на место приложения нагрузки, но на способ загрузки. Когда нагрузка q располагается на приопорных участках, несущая способность и ее резерв достигает больших значений. Это видно из табл. 3 и рис. 5, при $x \leq 0,3l$. В этой зоне кроме q можно приложить силы. Следовательно, возникает проблема оптимального нагружения и использования несущей способности, как и для случаев рассмотренных ранее. Резерв несущей способности при нагружении q намного больше, чем при нагрузке F , поэтому интерес представляет совместное нагружение силами и распределенной нагрузкой.

Таблица 3

Несущая способность $q_{н.с.}^*$ по (12)

x	$0,1l$	$0,2l$	$0,3l$	$0,4l$	$0,45l$	$0,5l$
x^2	$0,01l^2$	$0,04l^2$	$0,09l^2$	$0,16l^2$	$0,2025l^2$	$0,25l^2$
$q_{н.с.}^*$	$\frac{200}{l^2}$	$\frac{50}{l^2}$	$\frac{22,2}{l^2}$	$\frac{12,5}{l^2}$	$\frac{9,88}{l^2}$	$\frac{8}{l^2}$

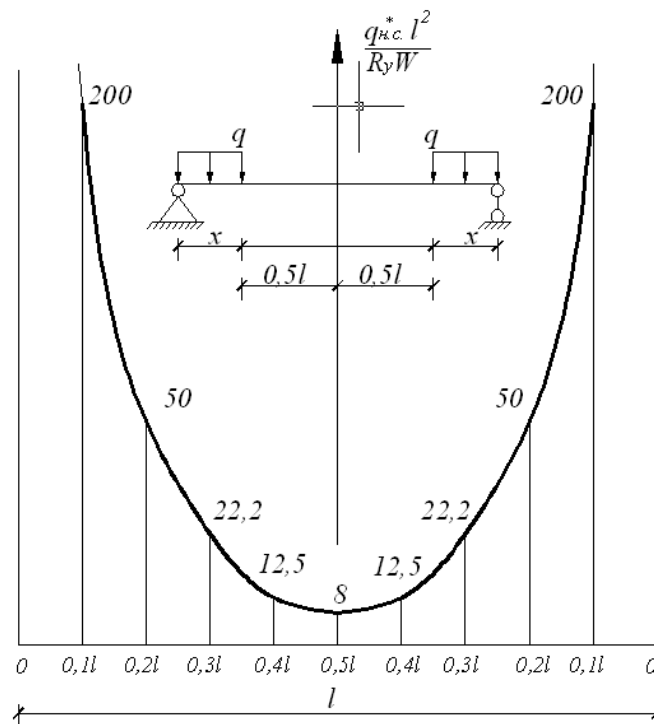


Рис. 7. Функция влияния несущей способности по (12)

Определение несущей способности балки при чистом изгибе (рис. 8).

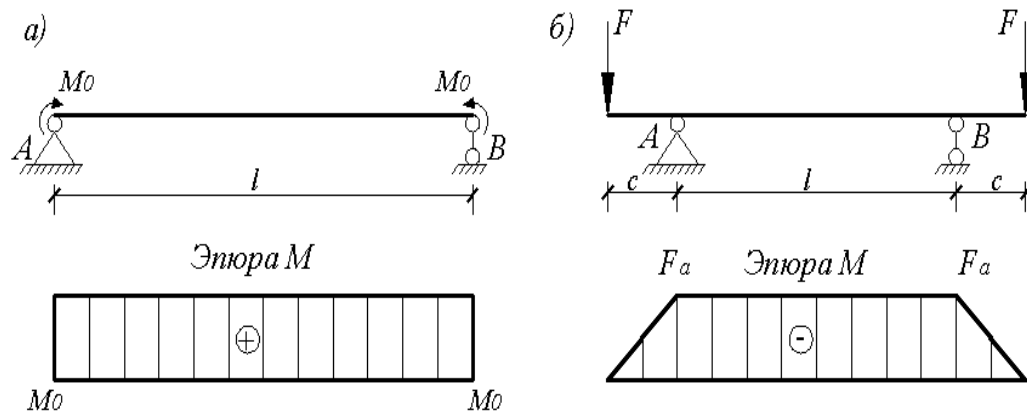


Рис. 8. Схемы балок и эпюры моментов: а — от моментов на опорах, б — от сил на консолях

По схеме (рис. 7,а) несущая способность балки

$$M_{н.с.}^* = R_y W. \quad (13)$$

Тогда зона несущей способности балки будет для всей

$$A_{н.с.} = R_y W l. \quad (14)$$

В этом случае несущая способность сечения и балки совпадают, и коэффициент использования несущей способности $K = \frac{M_0}{M^*} = 1$ во всех сечениях балки. При этом не остается резерва несущей способности, но его можно создать, исходя из условия $M_0 < M_{н.с.}^*$.

Несущая способность балки определяется по максимальному моменту на консоли $M = F \cdot c$:

$$P_{н.с.4} = \frac{RW}{c}. \quad (14)$$

Для чистого изгиба зона несущей способности будет

$$A_2^* = \frac{RWl}{c}. \quad (15)$$

При этом исчерпание несущей способности произойдет по всему пролету балки.

Момент на эпюре можно регулировать изменением силы F при вылете консоли.

Алгоритмы построения линии влияния несущей способности балки.

На рис. 9 показаны линии влияния момента в произвольном сечении «К» и в среднем сечении 5 для балки, где момент максимальный, а несущая способность минимальная.

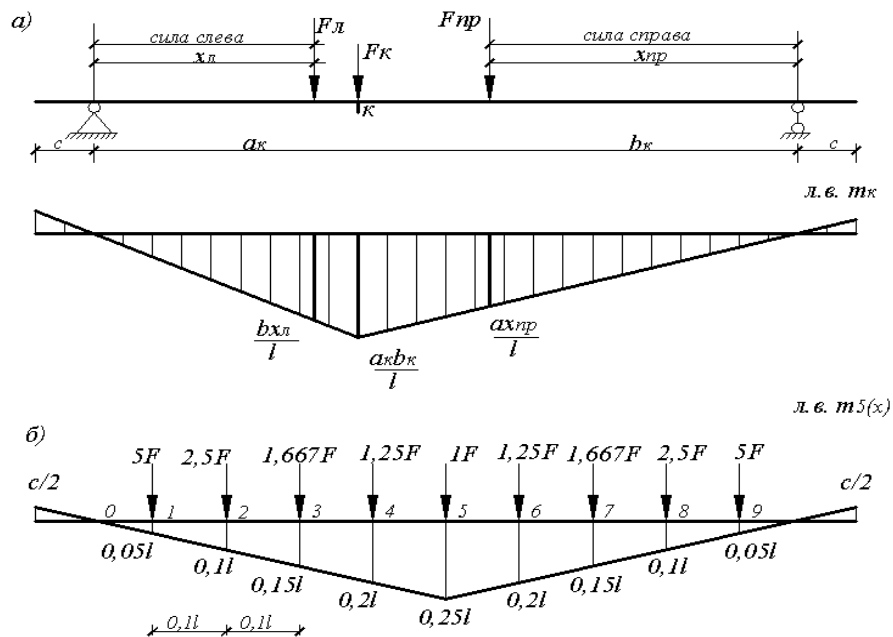


Рис. 9. Линии влияния момента в сечении К и в 5-ом сечении

Первый алгоритм.

Несущая способность балки, нагруженной силой F в сечении К, определяется по формуле

$$P_{н.с.5} = \frac{R_y W l}{a_K b_K}. \quad (16)$$

Несущая способность балки в этом же сечении, когда линия влияния загружается слева от сечения К

$$P_{н.с.6} = \frac{R_y W l}{6_K x_L}. \quad (17)$$

Аналогично при загрузке справа

$$P_{н.с.7} = \frac{R_y W l}{a_K x_{np}}. \quad (18)$$

По (16) – (18) строится линия влияния несущей способности балки в заданном сечении.

Второй алгоритм.

Через ординаты линия влияния момента в заданном сечении $m_K(x)$ определяется несущая способность балки в сечении К:

$$P_{н.с.8(K)} = \frac{RW}{m_K(x)l}. \quad (19)$$

Если сила F в первом сечении (рис. 8,б), $m_5(0,1l) = 0,05l$, $P_{н.с.8(5)} = \frac{20RW}{l}$. Так вычисляются ординаты линии влияния несущей способности для 5-го сечения. Линия влияния несущей способности в 5-ом сечении представлена табл. 4 и рис. 10.

Таблиця 4

Несущая способность $P_5^* RW$.

x	c	$0,5c$	$0,1l$	$0,2l$	$0,3l$	$0,4l$	$0,5l$
m	$\frac{c}{2}$	$\frac{c}{4}$	$0,05l$	$0,1l$	$0,15l$	$0,2l$	$0,25l$
$P_{н.с.}^*$	$\frac{2RW}{c}$	$\frac{4RW}{c}$	$\frac{20RW}{l}$	$\frac{10RW}{l}$	$\frac{6,667RW}{l}$	$\frac{5RW}{l}$	$\frac{4RW}{l}$

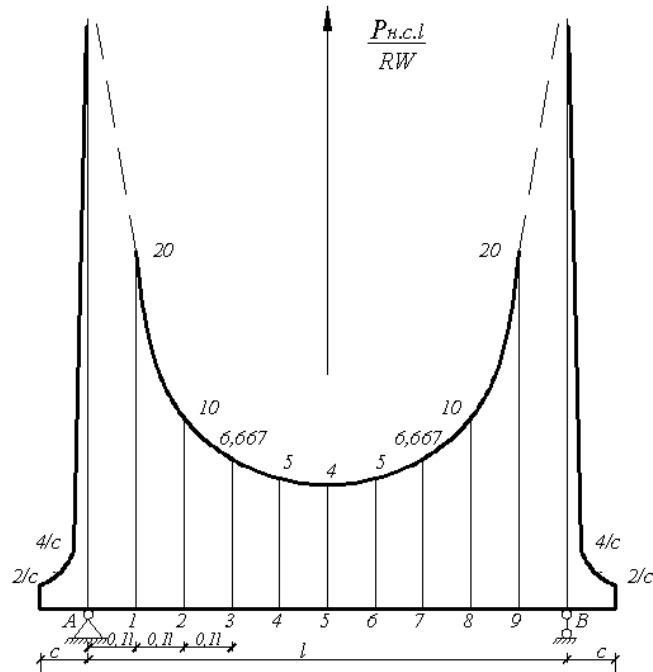


Рис. 10. Линия влияния несущей способности P_7^* по (18)

Рассмотрим загрузку линии влияния одной силой. Сила прикладывается в заданном сечении, например, в первом сечении. При этом $F_{max} = \frac{20RW}{l}$. Реакция $V_B = \frac{2RW}{l}$. Момент в 5-ом сечении будет равен моменту несущей способности сечения:

$$M_5 = \frac{2RW}{l} \cdot \frac{l}{2} = RW,$$

произойдет исчерпание несущей способности по первому предельному состоянию.

Если сила меньше, чем F_{max} , тогда появится резерв несущей способности и повысится надежность балки. Теперь рассмотрим силы в сечениях 2 и 8. Балка несет две силы, а несущая способность балки в 5-ом сечении не может быть больше $P_{7,5}^* = \frac{10RW}{l}$, поэтому $F_{max} = \frac{5RW}{l}$. Момент $M_5 = \frac{5RW}{l} \cdot 0,2l = RW$, как и должно, быть. И, наконец, рассмотрим загрузку линии влияния несимметричными силами в 1-ом, 2-ом и 3-ем сечениях.

Моменты

$$P_{н.с.1}^* = 20; \quad P_{н.с.2}^* = 10; \quad P_{н.с.3}^* = 6,667.$$

Определяем долю δ от $\frac{RW}{l}$:

$$(20\delta + 10\delta + 6,666\delta) = \frac{R_y W}{l}.$$

Откуда $\delta = 0,027273 \frac{R_y W}{l}$.

Находим моменты $M_1 = \delta \cdot 200 = 0,5455 \frac{R_y W}{l}$, и так далее.

$$M_1 = 0,5455 \frac{R_y W}{l}, \quad M_2 = 0,27273 \frac{R_y W}{l}, \quad M_3 = 0,18182 \frac{R_y W}{l}.$$

Здесь M_1, M_2, M_3 – моменты, которые возникают в 5-ом сечении от сил F_1, F_2, F_3 .

Момент M_1 запишем в 5-ом сечении через реакцию на опоре V_B .

$$M_1 = V_B \cdot \frac{l}{2} = 0,5455 R_y W, \text{ отсюда } V_B = 1,091 R_y W / l.$$

Теперь найдем силу F_1 .

Найдем реакцию V_B от силы F_1

$$F_1 \cdot 0,1l - V_B l = 0.$$

$$V_B = \frac{F_1 \cdot 0,1l}{l};$$

Через реакцию V_B находим F_1

$$F_1 = \frac{V_B}{0,1} = \frac{1,091 R_y W}{0,1l} = \frac{10,91 R_y W}{l};$$
$$F_1 = \frac{10,91 R_y W}{l}. \quad (20)$$

Так определяется F_1 и остальные силы.

На рис. 9,б показано оптимальное нагружение.

Выводы. Исчерпание несущей способности статически определимых балок происходит по силе и моменту. Несущая способность сечения балки — это расчетная внутренняя характеристика балки. Несущая способность балки формируется под силой и в сечениях, где возникает момент от реакций. Если сила перемещается по балке, то меняется и несущая способность балки, т.е. несущая способность зависит от координаты приложения силы. При нагружении балки силой или силами и участками с распределенной нагрузкой появляются зоны резерва несущей способности, а, следовательно, и проблема оптимального нагружения. При чистом изгибе балки несущая способность балки и сечения совпадают, вся балка будет находиться в зоне исчерпания несущей способности.

Список использованных источников

1. Жкин А.И. и др. Повышение долговечности металлических конструкций промышленных зданий / А.И. Кикин, А.А. Васильев, Б.Н. Кошутин // М.: Стройиздат, 1969. — 415с.
2. Нил Б.Г. Расчет конструкций с учетом пластических свойств материалов / Б.Г. Нил. — М.: Госстройиздат, 1961. — 316 с.
3. Прокич М. Учет пластической работы материала в численных расчетах стальных двутавровых балок на кручение / М. Прокич // Научное обозрение. — 2014. — № 7. — С.

201-205.

4. Перельмутер А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. — М.: Изд-во ДМК Пресс., 2002. — 618 с.

5. Соколовский З.Н. Определение несущей способности тонкостенных конструкций с учетом местной потери устойчивости / З.Н. Соколовский, Е.Г. Холкин // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 3(31). — С. 93-96.

6. Trahair N.S. The behaviour and design of steel structure to EC3. Fourth edition / N.S. Trahair, M.A. Bradford, D.A. Nethercot, L. Gardner. — New York: Taylor & Francis, 2008. — 490 p.

7. Estabrooks, B.E. Combined bending and torsion of steel I-shaped beams: Structural engineering report / B.E. Estabrooks, G.Y. Grondin. — Alberta: University of Alberta, 2008. — 138 p.

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ БАЛОК ПРИ РОЗРАХУНКАХ ЗА ПЕРШИМ ГРАНИЧНИМ СТАНОМ

БЕКІРОВА М.М., КАЛІНІНА Т.О.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Мета. Визначення несучої здатності балки й максимальних навантажень для розрахунків балок за першим граничним станом.

Методика. Несуча здатність балок — це характеристика перетину балки, яка визначає величину максимального моменту й здатність балки нести всі навантаження. Функції й лінії впливу несучої здатності визначаються через рівняння статки.

Результати. Несуча здатність балки більша за несучу здатність перетину й тільки при чистому вигині вони збігаються навіть по розмірності. Отримані функції несучої здатності від рухливих зосереджених сил, ділянок рівномірно розподіленого навантаження, зосереджених моментів на опорах і моментів від сил на консолях, побудована лінія впливу несучої здатності. По епюрах несучої здатності балки визначаються максимальні навантаження й зони резерву несучої здатності балки.

Наукова новизна. Поставлене й вирішене нове завдання — визначення несучої здатності балки через несучу здатність перетину. Несуча здатність формується під силами, і балка повинна нести ці сили. Несуча здатність балки визначає верхню границю максимальних навантажень. Наведений алгоритм побудови лінії впливу несучої здатності. Поставлена проблема оптимального навантаження балки з використанням резерву несучої здатності.

Практична значимість. Отримані формули несучої здатності й складені алгоритми побудови лінії впливу несучої здатності. Несуча здатність перетину — величина постійна, а несуча здатність балки змінюється й залежить від величини зовнішнього моменту в перетині. По епюрах несучої здатності можна визначити зони резерву несучої здатності.

Ключові слова: несуча здатність, перетин, балка, резерв, вплив.

BEAMS BEARING CAPACITY WHEN CALCULATING THE FIRST LIMIT STATE

BEKIROVA M.M, KALININA T.A.

Odessa State Academy of Construction and Architecture

Goal. Determination of the bearing capacity of the beam and the maximum load for the calculation of the beams in the first limit state.

Methods. The bearing capacity of the beams - these are the characteristics section of the beam, which determines the value of the maximum torque and the ability to carry all the load beam. Functions and line carrying capacity of influence are determined by the equations of statics.

Results. The bearing capacity of the beam cross section greater carrier capacity and only in pure bending, they even coincide in dimension. Derived function of bearing capacity of moving concentrated forces, portions uniformly distributed load, concentrated moments at the supports and moments from the forces on the consoles, built the influence line load capacity. On Diagrams bearing capacity of the beam determines the maximum load and the reserve area of the beam supporting ability.

Scientific novelty. Posed and solved a new problem - determining the bearing capacity of the beam cross-section through the carrier's ability. The bearing capacity is formed under the forces and the beam should bear these forces. The bearing capacity of the beam determines the upper limit of the maximum load. An algorithm for constructing influence lines bearing capacity. Posed the problem of uploading optimal beam with a reserve bearing capacity.

Practical significance. The formulas of bearing capacity and the algorithm of constructing the line of influence of the bearing capacity. The bearing capacity of a constant cross-section, and the bearing capacity of the beam varies depending on the magnitude of the external moment of the section. On Diagrams can determine the bearing capacity of the bearing capacity of the reserve area.

Keywords: *bearing capacity, section bar, reserve influence.*

УДК 687.053(075.8)

ОРЛОВСЬКИЙ Б.В., ЕФІМЕНКО В.Б.

Київський національний університет технологій та дизайну

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ДИСКРЕТНИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ ОРІЄНТУВАННЯ ОБ'ЄКТА В ЗОНІ ОБРОБКИ НЕЗРЯЧИМ ОПЕРАТОРОМ НА ШВЕЙНІЙ МАШИНІ

Мета. Аналіз дискретних датчиків для орієнтування об'єкта в зоні обробки незрячим оператором на швейній машині.

Методика. Використаний метод порівняльного аналізу функціонально-адекватних побудованих структурних схем з дискретними датчиками положення кромки текстильного матеріалу перед голкою швейних машин для прямих і зворотних зв'язків в системі «швейна машина - зовнішнє середовище - незрячий оператор».

Результати. Встановлено принцип узагальнення використання розроблених структурних схем з безконтактними дискретними датчиками для орієнтування об'єкта в зоні обробки незрячим оператором на швейній машині і швейних машин автоматичної дії. Показана можливість визначення і врахування параметрів багатокомпонентних датчиків для використання в системах орієнтування деталей в зоні обробки як незрячим оператором, так і в системах автоматичної дії. Отримані результати можуть бути використані як для вдосконалення існуючого технологічного обладнання цільового призначення, так і для створення нових інноваційних механіко-технологічних розробок для незрячих людей.

Наукова новизна. Встановлено нові зв'язки в структурних схемах механіко-технологічних систем з безконтактними дискретними датчиками положення кромки текстильного матеріалу, який переміщається в подовжньому напрямі зубчастої рейкою швейної машини і в поперечному напрямку незрячим оператором. Виконано узагальнення закономірностей побудови структур з прямими і зворотними зв'язками в системі «швейна машина - зовнішнє середовище - незрячий оператор» для проектування швейних машин для незрячих і швейних машин-автоматів.

Практична значимість. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення існуючого технологічного обладнання цільового призначення, так і для створення нового інноваційного без бар'єрного технологічного обладнання.

Ключові слова: дискретні датчики, орієнтування деталей, незрячий оператор, швейна машина.

Вступ. Проблема розробки (проектування і виготовлення) безбар'єрного технологічного обладнання для людей з обмеженими фізичними можливостями по зору і пов'язана з необхідності трудової і соціальної реабілітацію незрячих людей. Вирішенні цієї проблеми затримує відсутність методів проектування спеціального (тифлотехнічного) технологічного обладнання легкої промисловості, на якому можуть працювати на дому або на виробництві інваліди по зору.

Постановка завдання. Для навчання і роботи на швейній машині незрячого оператора виникає наступні три проблеми: по-перше, незрячий не може сформулювати довжину кінця обірваної голкової нитки вручну для надання йому потрібної жорсткості та вістря. По-друге, незрячий оператор не бачить малого за розмірами вушка голки, а значить не може заправити сформований кінець обірваної нитки у вушко голки. І по-третє, незрячий оператор не бачить кромки рухомого матеріалу, яким потрібно керувати перед притисною лапкою і голкою швейної машини.

Результати та їх обговорення. Для подолання перших двох проблем розроблені механізми голки швейної машини з картриджем голок [1, 2, 8] і механізми ниткопритягувача з картриджем ниткопритягувачів [3, 4, 8]. Після обриву голкової нитки автоматично подається звуковий сигнал незрячому оператору про те, що нитка обірвана, потрібно зняти ногу з педалі фрикційного приводу та повернути картридж на фіксований кут 90° за або проти годинникової стрілки. Після обриву голкової нитки 3 рази, в трьох голках поновлення ниток картриджу виконує зрячий оператор. Для подолання проблеми керування матеріалом перед притисною лапкою і голкою швейної машини незрячим оператором запропоновані спосіб і технічний засіб з дискретним датчиком для орієнтування об'єкта в зоні обробки незрячим оператором на швейній машині [5, 6]. В роботі [7] сформульовані вимоги до проектування структури механіко-технологічної системи «швейна машина – зовнішнє середовище – незряча людина», яка передбачає використання дискретних сенсорів для орієнтування матеріалу в зоні обробки незрячим оператором.

Об'єктом дослідження є процес побудови системи контролю положення об'єкту в просторі на основі використання дискретних датчиків, які разом з контрольованим об'єктом з текстильного та будь-якого іншого матеріалу утворюють механіко-технологічну систему, що дозволяє як незрячому людині-оператору так і автоматично керувати положенням контрольованого об'єкту в зоні обробки. Така механіко-технологічна система може бути використана на швейних машинах та будь-якому іншому обладнанні, де для орієнтації оброблюваного об'єкту в зоні обробки потрібно використовувати роботу незрячої людини-оператора.

Особливості побудови механіко-технологічних систем з дискретними датчиками положення на технологічних машинах впливають з їх структури і координат конструктивного розташування відносно рухомого об'єкту орієнтування. Це стосується *дискретних датчиків на просвіт та дискретних датчиків на відбиття*.

Дискретні датчики на просвіт складаються з джерела тестового сигналу та приймача тестового сигналу, що розташовані на одній вісі розповсюдження тестового сигналу, яким може бути оптичне, ультразвукове та інше випромінювання, що, зазвичай, розповсюджуються по прямолінійній траєкторії від джерела випромінювання до приймача випромінювання. Траєкторія, за якою розповсюджуються тестове випромінювання містить на своєму шляху засоби формування випромінювання з необхідними параметрами (потужність, діапазон, просторова конфігурація, інші параметри - для оптичного випромінювання це послаблювачі, світлофільтри, призми, лінзи, діафрагми, інші пристрої) робочий просвіт, та за потреби знову містить засоби формування випромінювання з необхідними параметрами. Схематично конфігурація датчика на просвіт наведена на *рис. 1, а*.

Основними критеріями придатності до використання в даній технологічній конструкції оптичних датчиків на просвіт є ступінь прозорості контрольованого матеріалу для визначеного типу випромінювання, ступінь розсіювання контрольованого випромінювання, для магнітних дискретних датчиків критичними є ті ж самі параметри. Для контактних дискретних датчиків критичним є величина механічної сили впливу контрольованого об'єкта на чутливий елемент та ступінь розсіювання впливу (механічної сили) на чутливий елемент – наприклад м'яка шорстка поверхня контрольованого об'єкту, що породжує недостатню механічну силу впливу на чутливий елемент датчику. Для оптичних та акустичних датчиків м'яка шорстка поверхня теж є суттєвим фактором, оскільки буде активно *розсіювати* тестове

випромінювання, знижуючи таким чином чутливість системи «датчик – контрольований об’єкт». Такий же суттєвий вплив буде мати ступінь *відбиття* тестового випромінювання контрольованим об’єктом, для датчиків що використовують тестове випромінювання оптичного діапазону цей суттєвий вплив буде здійснювати колір контрольованого об’єкта в місці попадання на нього тестового випромінювання.

Дискретні датчики на відбиття відрізняється від датчиків на просвіт тим, що приймач тестового випромінювання приймає випромінювання що не пройшло повз контрольований об’єкт – а приймає відбите від контрольованого об’єкта випромінювання. Структура датчику на відбиття наведена на *рис. 1, б, в*.

Так само, як і для дискретних датчиків на просвіт основними критеріями придатності до використання в даній технологічній конструкції оптичних датчиків на відбиття є ступінь прозорості контрольованого матеріалу, ступінь розсіювання контрольованого випромінювання, для магнітних дискретних датчиків критичними є ті ж самі параметри, оскільки для формування необхідної просторової конфігурації магнітного поля та його необхідної потужності використовуються різні магнітні властивості матеріалів. Для контактних дискретних датчиків критичним є величина механічної сили впливу контрольованого об’єкта на чутливий елемент та ступінь розсіювання впливу (механічної сили) на чутливий елемент – наприклад м’яка шорстка поверхня контрольованого об’єкту, що породжує недостатню механічну силу впливу на чутливий елемент механічного датчику, а для оптичного датчику така поверхня може мати достатню розсіюючи здатність, що в купі з недостатньою відбиваючою здатністю поверхні контрольованого об’єкту може відбити сигнал з рівнем нижчим за рівень чутливості приймача.

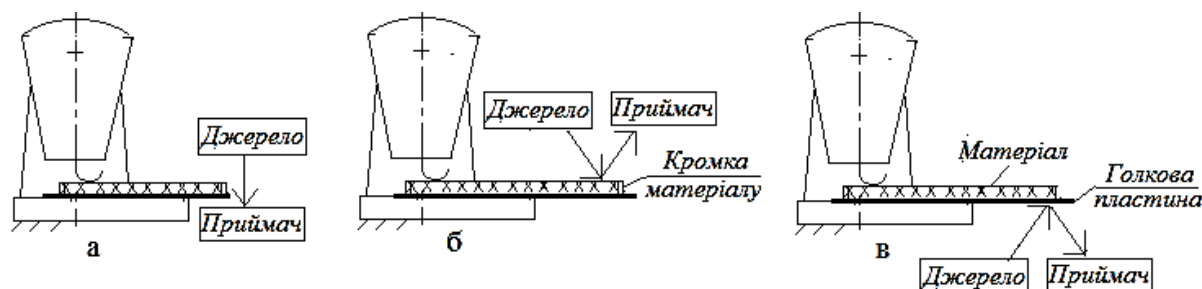


Рис.1. Структура дискретного датчика: а – на просвіт; б – на відбиття з розташуванням над непрозорою голковою пластиною; в - на відбиття з розташуванням під прозорою голковою пластиною

Особливостями однозначності визначення позиціонування об’єкта за допомогою дискретного датчику є наступні. Проблема полягає в тому, що за допомогою одноелементного дискретного датчику визначити можливим є лише два варіанти положення об’єкту: об’єкт є та об’єкту нема. Звідси виявляється проблема контролю положення кромки об’єкта – одноелементний дискретний датчик положення кромки контролювати не може, оскільки контрольований об’єкт може бути де завгодно не діючи на чутливий елемент датчику.

Саме тому для контролю положення кромки контрольованого об’єкту можна використовувати не менш ніж двокомпонентний датчик на просвіт та на відбиття. За допомогою двоелементного датчику можна визначити три однозначних положення контрольованого об’єкту: контрольований об’єкт поза зоною чутливості датчику *рис.2,а*;

контрольований об'єкт не повністю в зоні чутливості датчику *рис.2,б*; контрольований об'єкт повністю в зоні чутливості датчику *рис.2,в*.

Таким чином, можна чітко визначити відповідну комбінацію сигналів датчику, що відповідають положенню контрольованого об'єкту та положенню його кромки з урахуванням ступеню точності контролю даним типом датчику та даного типу контрольованого об'єкту з даним станом (типом) кромки. Комбінації сигналів датчику, що відповідають трьом можливим варіантам положення контрольованого об'єкту та його кромки наведені в *табл. 1*.

Зона чутливості дискретного датчику з визначеними параметрами датчику та контрольованого об'єкту. Для дискретних датчиків особливим є наявність як зони гарантованої відсутності сигналу, зони гарантованої наявності сигналу та зони невизначеності без урахування особливостей контрольованого об'єкту – контрольований об'єкт вважається ідеальним. Найпростіша конфігурація зони чутливості та зони нечутливості *одноеlementного датчику* в проекції на площину по нормалі (поперечну площину до його вісі) при коловій діаграмі спрямованості тестового випромінювання та коловій діаграмі чутливості чутливого елементу датчику наведено на *рис.3,а*. Найпростіша конфігурація зони чутливості та зони нечутливості *двоеlementного датчику* при тих же самих умовах, що і для попереднього *одноеlementного датчику*, наведено на *рис.3,б,в*.

Таблиця 1.

Комбінації сигналів двоеlementного дискретного датчику, відповідно до можливих положень контрольованого об'єкту та його кромки (умовно: об'єкт зліва, кромка справа)

Сигнал чутливого елементу 1	Сигнал чутливого елементу 2	Положення кромки контрольованого об'єкту.	Положення контрольованого об'єкту.	Дії незрячого оператора або виконавчого механізму по утриманню кромки об'єкту
Права кромка об'єкта знаходиться зліва відносно зони чутливого елементу 1				
0	0	По-за зоною чутливості датчику.	По-за зоною чутливості датчику.	Рух вправо.
1	0	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Без дій – кромка в необхідній зоні.
1	1	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Рух вліво.
Ліва кромка об'єкта знаходиться справа відносно зони чутливого елементу 1				
0	1	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Рух вліво.

* Сигнали чутливих елементів датчику наведені у вигляді 1 – спрацював, 0 - не спрацював, що можуть відповідати рівням сигналів цифрових логічних мікросхем (логічний нуль та логічна одиниця), або іншим рівням сигналів.

Зона невизначеності датчику, як і зони чутливості та нечутливості залежить від конструктивних особливостей (геометрії корпусу та кристалу оптичного) датчику та діаграми спрямованості чутливого елементу датчику. Також зона невизначеності залежить від ступеню чутливості датчику та рівню тестового випромінювання (дії), що потрапляє на чутливий елемент датчику.

Межі зони гарантованої чутливості датчику. Якщо для *одноеlementного датчику* межі гарантованої чутливості обмежуються зоною невизначеності, то для *двоеlementного датчику* зона гарантованої чутливості буде мати просторову конфігурацію як результуючу з просторових конфігурацій обох чутливих елементів датчику. На *рис.3,в*. наведено

просторову конфігурацію зони невизначеності двоелементного датчику без урахування кривих, згинаючих можливий контур кромки контролюваного об'єкту в проекції на площину по нормалі при коловій діаграмі спрямованості тестового випромінювання та коловій діаграмі чутливості чутливого елементу датчику.

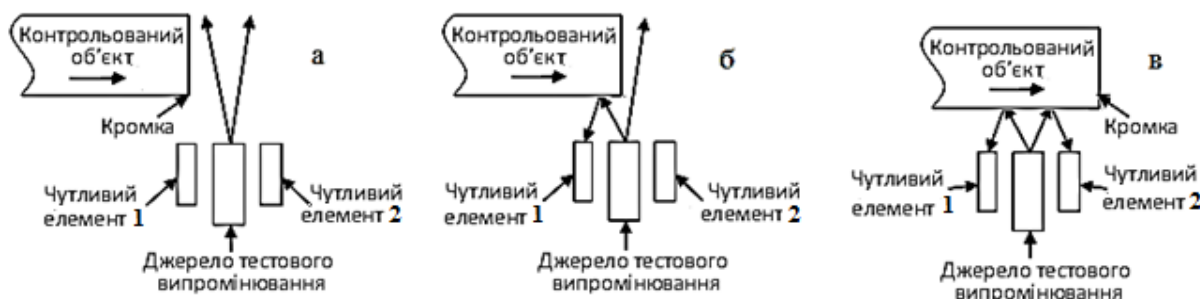


Рис.2. Варіанти положення кромки контролюваного об'єкту в зоні розташування датчика: а – кромка за межею зони чутливості датчика; б – кромка в межах зони чутливості датчика; в – кромка в зоні чутливості датчика

Орієнтація контролюваного об'єкта в зоні обробки та перед зоною обробки. В абсолютній більшості випадків, зараз для визначення положення контролюваного об'єкту в просторі використовуються системи машинного зору, що складаються з відеокамер, систем перетворення та передачі відеоінформації, обчислювальних систем високої потужності та вартості для виконання математичних алгоритмів обробки великих об'ємів відеоінформації та генерації відповідних сигналів управління технологічним обладнанням. При використанні систем машинного зору, зазвичай, використовуються відеокамери з промислових стандартів та комп'ютерного обладнання з матрицями чутливих елементів 320x200, 640x350, 640x480, 1024x768, та іншою кількістю дискретних монохроматичних чи кольорових чутливих елементів. Також можуть використовуватися відеокамери з матрицями побутових телевізійних стандартів з матрицями 720x576, 720x625, та іншою кількістю дискретних монохроматичних чи кольорових чутливих елементів. Зчитане зображення з котрих підлягає подальшій обробці за складними математичними алгоритмами що вимагають великих обчислювальних ресурсів системи для виявлення контролюваного об'єкта та визначення його положення і генерації подальших дій для зміни положення контролюваного об'єкту в положення, необхідне для обробки.

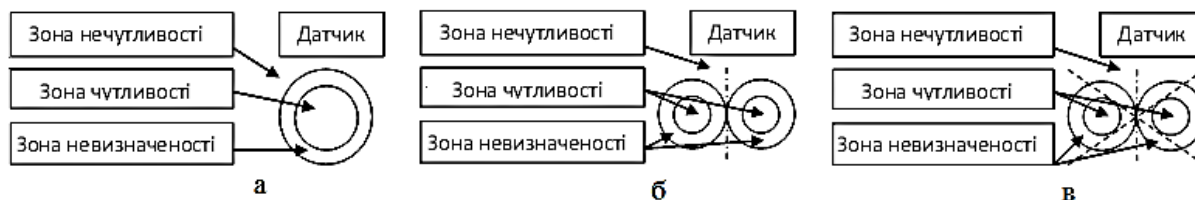


Рис.3. Розташування зон чутливості, нечутливості та зони невизначеності дискретного датчика: а – одноелементного; б – двоелементного без врахування кривизни кромки; в – двоелементного з врахуванням кривизни кромки

Однак контролювані об'єкти характеризуються окремими точками, які можна назвати точками екстремумів, контролюючи положення яких можна однозначно визначити положення об'єкта. Для коректного визначення положення контролюваного об'єкта

необхідно визначити мінімально необхідну кількість контрольних точок екстремумів, контролюючи положення яких в просторі можна однозначно визначити положення контрольованого об'єкта в просторі.

Контрольований об'єкт може орієнтуватися як перед зоною обробки так і в зоні обробки, наприклад при виконанні деякої визначеної послідовності технологічних операцій, що вимагають зміни положення контрольованого об'єкту в зоні обробки. Орієнтація об'єкта в зоні обробки відрізняється від орієнтації об'єкта по-за (перед) зоною обробки лише фіксацією об'єкта в зоні обробки з необхідними характеристиками фіксації – зазвичай, основною характеристикою фіксації є сила фіксації, що забезпечує потрібне положення об'єкта на протязі всієї операції обробки (найчастіше – механічна сила фіксації є більшою за силу дії інструмента на оброблюваний об'єкт).

Для автоматизованої 2D-орієнтації об'єкту обробки в зоні шийючих механізмів швейної машини потрібно використання програмуемого виконавчого механізму з індивідуальним приводом і який за допомогою вбудованого в технологічну машину контролера реалізує математичну модель (1) плоско-паралельного переносу плоскої деталі з координатами опорних точок a, b, c, d з наступним її поворотом відносно початку системи координат (рис.4):

$$\begin{bmatrix} x_a & x_b & 1 \\ y_a & y_b & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -m & -n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = [X^* Y^* H], \quad (1)$$

де $\begin{bmatrix} x_a & x_b & 1 \\ y_a & y_b & 1 \end{bmatrix}$ – матриця вхідних даних (координат початку і кінця шва);

$\begin{bmatrix} x_a & x_b & 1 \\ y_a & y_b & 1 \end{bmatrix}$ – матриця зсуву;

$\begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ – матриця повороту;

$[X^* Y^* H]$ – матриця результату зсуву і повороту деталі крою швейного виробу.

За відсутності особливих умов та особливих технічних вимог до технологічного процесу операції лінійного зміщення та обертання контрольованого об'єкту можуть виконуватися послідовно в будь-якій послідовності чи одночасно за наявності такої технічної та технологічної можливості.

Керування початком обробки, швидкістю обробки контрольованого об'єкта та зупинкою обробки об'єкта. Початок обробки об'єкту здійснюється після отримання системою керування обробкою контрольованого об'єкту сигналу готовності від системи керування положенням (орієнтацію) контрольованого об'єкту. Обробка контрольованого об'єкту може здійснюватися за заздалегідь підготовленим алгоритмом обробки при відсутності зворотного зв'язку між системою контролю обробки об'єкту та системою керування обробкою об'єкту, чи за гнучким алгоритмом обробки при наявності зворотного зв'язку від системи контролю обробки об'єкту та системою керування обробкою об'єкту.

об'єктом (зупинка, поворот, інші дії). Положення датчиків зниження швидкості обробки визначається як відстанями, що проходить оброблюваний об'єкт за час перемикання режиму обробки – від генерації сигналу відповідного датчику до здійснення системою обробки відповідної дії (поворот, зупинка, інші дії), так і необхідними траєкторіями руху оброблюваного об'єкту (зміщення, поворот, інші дії). Розташування двоелементних датчиків повороту оброблюваного об'єкту та їх вісей чутливості на підвищеній та зниженій швидкості обробки оброблюваного об'єкту та датчиків зниження швидкості і зупинки обробки наведено на *рис.5*.

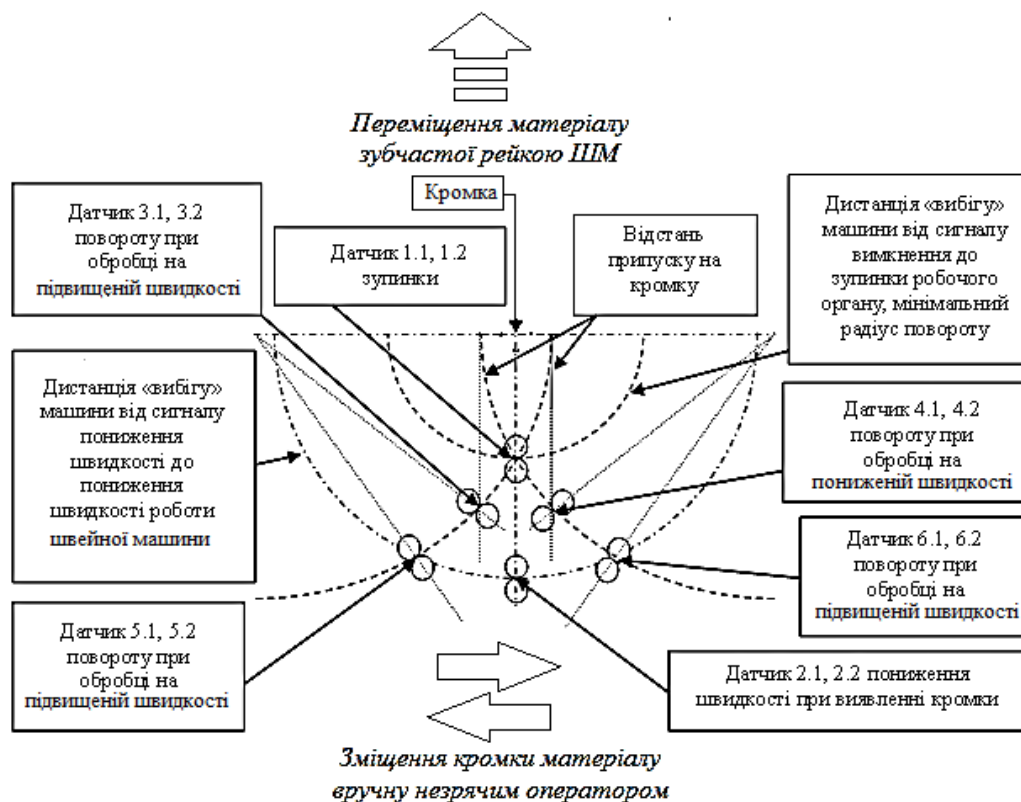


Рис.5. Схема розташування на площині XZ двоелементних датчиків повороту та зупинки роботи на підвищеній і та пониженої швидкості роботи швейної машини

Слід зазначити, що така конфігурація системи чутливих елементів потребує завдання одного параметру, що вона не визначає сама – яку кромку їй треба утримувати: ліву чи праву, і, відповідно в яку сторону потрібно здійснювати розворот – це повинен задавати користувач. Внаслідок цього отримуємо два варіанти роботи системи управління виконавчими механізмами та, відповідно, дві таблиці істинності для варіанту коли оброблюваний об'єкт зліва і кромка справа (*табл.2.*) та коли оброблюваний об'єкт справа і кромка зліва значення та контрольні комбінації сигналів датчиків 3 і 5 та 4 і 6 відображаються (змінюються дзеркально). Комбінація сигналів (таблиця істинності) для варіанту лінійної обробки об'єкту на підвищеній швидкості, на пониженій швидкості та зупинки обробки вимагає контролю стану датчиків 1 та 2 і допоміжного контролю стану датчиків 3 і 5 при розташуванні оброблюваного об'єкту зліва та контролю стану датчиків 4 і 6 при розташуванні оброблюваного об'єкту справа (*табл.2.*).

Таблиця 2.

Комбінація сигналів (таблиця істинності) для варіанту обробки з розворотом вліво об'єкту (об'єкт зліва, кромка справа), на понижений швидкості та зупинки обробки. Значення «активний» є умовним – означає що сигнали цього датчику є критичним для виконання операції

Сигнал чутливого елементу 1	Сигнал чутливого елементу 2	Положення кромки контрольованого об'єкту	Положення контрольованого об'єкту	Дії незграчного оператора або виконавчого механізму
Датчик 1 (може бути активний, може бути неактивний, може давати доповнюючу інформацію)				
0	0	По-за зоною чутливості датчику.	По-за зоною чутливості датчику.	Рух вправо.
1	0	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Без дій – кромка в необхідній зоні.
1	1	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Рух вліво.
0	1	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Рух вліво.
Датчик 2 (неактивний)				
0	0	По-за зоною чутливості датчику.	По-за зоною чутливості датчику.	Без дій.
Датчик 3 (активний)				
0	0	По-за зоною чутливості датчику.	По-за зоною чутливості датчику.	Рух вправо.
1	0	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Без дій – кромка в необхідній зоні.
1	1	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Рух вліво.
0	1	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Рух вліво.
Датчик 4 (неактивний)				
0	0	По-за зоною чутливості датчику.	По-за зоною чутливості датчику.	Без дій.
Датчик 5 (активний)				
0	0	По-за зоною чутливості датчику.	По-за зоною чутливості датчику.	Рух вправо.
1	0	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Без дій – кромка в необхідній зоні.
1	1	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Рух вліво.
0	1	В зоні чутливості датчику.	В зоні чутливості датчику.	Рух вліво.
Датчик 6 (неактивний)				
0	0	По-за зоною чутливості датчику.	По-за зоною чутливості датчику.	Без дій.

* При положенні об'єкту справа, кромки зліва, розвороті об'єкту вправо контроль положення об'єкту здійснюється по активних датчиках 4 та 6 з таблицею істинності для датчиків 3 та 5 відповідно, датчики 3 та 5 стають неактивними.

** Для роботи при прямолінійній траєкторії (матеріал зліва, кромка справа) датчик 2 використовується для пониження швидкості обробки, датчик 1 використовуються для зупинки обробки, контроль положення кромки об'єкту здійснюється по сигналах активного датчику 4, датчик 3 є неактивним. При варіанті обробки об'єкту, коли об'єкт справа, кромка зліва – активним є датчик 3, датчик 4 є неактивним.

*** При роботі на понижений швидкості датчики 2, 5, 6 видають значення 00 – датчик 2 є активним при обробці по прямолінійній траєкторії, датчик 5 є активним при обробці з розворотом вліво (матеріал зліва, кромка справа), датчик 6 є активним при обробці з розворотом вправо (матеріал справа, кромка зліва).

Для вирішення аналітичної задачі генерації відповідних сигналів керування робочими органами машини на програмному рівні доцільно використовувати найпростіший прийнятний метод логічних рівнянь, при використанні якого для кожного результуючого сигналу управління виконавчим механізмом складається власне логічне рівняння на кшталт рівняння утримання кромки (згідно табл.1.):

$$Y = X_{1,1} \cdot \text{NOT}(X_{1,2}) \quad (2)$$

В даному рівнянні, $Y=1$ якщо кромка матеріалу на місці. Таке рівняння складається для кожної значущої дії коли система керування робочими органами повинна змінювати сигнали керування виконавчими механізмами. Така конфігурація дозволяє виконати систему як централізованою, коли вона збирає інформацію від всіх датчиків та після обробки за закладеним математичним алгоритмом генерує сигнали керування

виконавчими механізмами – так і виконати систему розподіленою, коли кожен виконавчий механізм керується в залежності від сигналів власної системи генерації сигналів датчиків, що дозволить виконувати дії паралельно та в разі потреби і незалежно одно від одної.

Розрахунок відстаней від зони обробки до зон чутливості датчиків ведеться від зони обробки до датчику зупинки, потім від датчику зупинки до датчику пониження швидкості.

Відстань від зони чутливості встановленого датчику зупинки обробки об'єкту (в даному випадку це двоелементний датчик 1.1, 1.2) до зони обробки визначається відстанню «вибігу» робочих органів машини, від генерації сигналу датчику зупинки обробки об'єкту до зупинки робочого органу машини та зупинки обробки об'єкту. Для підвищення надійності роботи системи та зменшення кількості браку і аварійних зупинок коефіцієнт запасу доцільно приймати $k = 1,5 \dots 2,0$.

$$l_1 = \left(v_{01}t_1 + \frac{a_1t_1^2}{2} \right) k = \left(v_{01}t_1 + \frac{(v_1 - v_{01})t_1^2}{2} \right) k \quad (3)$$

де l_1 - довжина ниткового шва за визначений час процесу; v_{01} - швидкість на початку процесу; v_1 - швидкість в кінці процесу; t_1 - час протікання процесу.

Відстань від зони чутливості встановленого датчику пониження швидкості обробки об'єкту (в даному випадку це двоелементний датчик 2.1, 2.2) до датчику зупинки визначається відстанню «вибігу» робочих органів машини, від генерації сигналу датчику пониження швидкості до пониження швидкості робочого органу машини та швидкості обробки об'єкту.

$$l_2 = \left(v_{02}t_2 + \frac{a_2t_2^2}{2} \right) k = \left(v_{02}t_2 + \frac{(v_2 - v_{02})t_2^2}{2} \right) k \quad (4)$$

де l_2 - довжина шва за визначений час процесу; v_{02} - швидкість на початку процесу; v_2 - швидкість в кінці процесу; t_2 - час протікання процесу.

Радіуси відстаней від зони обробки до зон чутливості датчиків повороту об'єкту (або робочого органу машини) на підвищеній та на пониженій швидкостях обробки розраховуються за таким самим принципом по дистанції «вибігу» робочих органів машини за час від генерації відповідного сигналу відповідного датчику до встановлення потрібного режиму роботи робочого органу машини.

Висновки.

1. Отримані закономірності (співвідношення, способи, засоби, залежності) є узагальненими для двоелементних датчиків побудованих на різних фізичних принципах дії, таких як контактні датчики механічної дії, контактні та безконтактні датчики магнітного поля та для безконтактних датчиків, що основані на використанні електромагнітного

випромінювання оптичного та інших діапазонів та механічного випромінювання звукового та ультразвукового діапазону частот.

2. Встановлено, що зони чутності, зони нечуйності та зони невизначеності, залежать від параметрів конкретного типу датчику, конкретних властивостей контролюваного об'єкту та конкретних властивостей його кромки (ступінь відбиття та ступінь розсіювання тестової дії), а також від властивостей середовища в якому знаходяться датчик та контрольований об'єкт.

3. Виконане узагальнення отриманих результатів структурного аналізу для проектування швейних машин для незрячих і швейних машин автоматичної дії.

Список використаних джерел

1. Патент України на корисну модель UA 89569 U, МПК(2014.01) D 05B 19/00. Механізм голки швейної машини для незрячих / Б.В.Орловський, М.Г. Залюбовський, В.Б. Ефіменко. - № u 2013 13726; заявл. 26.11.2013; опубл. 25.04.2013, Бюл. №8.

2. Патент України на корисну модель UA № 100185 U «Швейна машина для незрячих», МПК (2015.01): D05B 23/00 / Б.В Орловський, В.Г. Гура, асп. В.Б. Ефіменко. – № u2015 01434 , заявл. 19.02.2015, опубл. 10.07.2015, Бюл. №13.

3. Патент України на корисну модель UA90099 U, МПК(2014.01) D 05B 23/00. Швейна машина для незрячих / Б.В.Орловський, І.В.Савченко, В.Б. Ефіменко. - № u 2013 14911; заявл. 19.12.2013; опубл. 12.05.2014, Бюл. №9.

4.Патент України на корисну модель UA № 100478 U «Швейна машина для незрячих», МПК (2015.01): D05B 23/00 / Б.В Орловський, С.О. Оноприенко. – № u2015 01433, заявл. 19.02.2015, опубл. 27.07.2015, Бюл. №14.

5. А.с. 821581 СССР, МПК.3 D 05B 21/00. Способ контроля отклонения края стачиваемого изделия / Б.В.Орловский. - №2633377/28-12; заявл. 26.06.78; опубл. 15.04.81, Бюл. №14.

6. А.с. 756463 СССР, МПК.3 G 09B 19/20. Швейный тренажёр / Б.В.Орловский.- №2633376/28-12; заявл. 26.06.78; опубл. 15.08.80, Бюл. №30.

7. Орловський Б.В. Аналіз структури механіко-технологічної системи «швейна машина – зовнішнє середовище – незряча людина» / Б.В. Орловський, В.Б. Ефіменко. - К.: Вісник КНУТД, №5, 2014, с.85-91.

8. Орловський Б.В. Іноваційний проекти технологічних машин легкої промисловості для трудової реабілітації незрячих / Б.В. Орловський.-Збірник наукових праць. Технічна творчість.-Хмельницький: ХНУ, №1.-2015.-с.143-145.

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА В ЗОНЕ ОБРАБОТКИ НЕЗРЯЧИМ ОПЕРАТОРОМ НА ШВЕЙНОЙ МАШИНЕ ОРЛОВСКИЙ Б.В., ЕФИМЕНКО В.Б.

Киевский национальный университет технологии и дизайна

Цель. Анализ дискретных датчиков для ориентирования объекта в зоне обработки незрячим оператором на швейной машине.

Методика. Использован метод сравнительного анализа функционально-адекватных построенных структурных схем с дискретными датчиками положения кромки текстильного материала перед иглой швейных машин для прямых и обратных связей в системе «швейная машина - внешняя среда - незрячий оператор».

Результаты. Установлен принцип обобщения использования разработанных структурных схем с бесконтактными дискретными датчиками для ориентирования объекта в зоне обработки незрячим оператором на швейной машине и швейных машин автоматического действия. показана возможность определения и учета параметров

многокомпонентных датчиков для использования в системах ориентирования деталей в зоне обработки как незрячим оператором, так и в системах автоматического действия. Полученные результаты могут быть использованы как для совершенствования существующего технологического оборудования селевого назначения, так и для создания новых инновационных механико-технологических разработок для незрячих людей.

Научная новизна. Установлены новые связи в структурных схемах механико-технологических систем с бесконтактными дискретными датчиками положения кромки текстильного материала, который перемещается в продольном направлении зубчатой рейкой швейной машины и в поперечном направлении незрячим оператором. Выполнено обобщение закономерностей построения структур с прямыми и обратными связями в системе «швейная машина – внешняя среда - незрячий оператор» для проектирования швейных машин для незрячих и швейных машин-автоматов.

Практическая значимость. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования существующего технологического оборудования селевого назначения, так и для создания нового инновационного безбарьерного технологического оборудования.

Ключевые слова: дискретные датчики, ориентирование деталей, незрячий оператор, швейная машина.

ANALYSIS OF DISCRETE SENSORS USING FOR ORIENTATION OBJECT BLIND OPERATORS ON THE SEWING MACHINE

ORLOVSKY B.V., EFIMENKO V.B.

Kyiv National University of Technology and Design, Ukraine

Purpose. Discrete sensors analysis of the orientation object in the treatment area by blind operator on the sewing machine is made.

Methodology. The method of functional and adequate built block diagrams of comparative analysis with discrete sensors of textile edge position in front of the sewing machines needle for forward and backward linkages in the system "sewing machine - environment - blind operator" is elaborated.

Findings. The principle of generalization of the use of developed block diagrams of contactless discrete sensors to orientation object in the blind operator treatment area on the sewing machine and sewing machine automatic action is established. The possibility of determining and recording multi-parameter sensors for use in systems of parts orientation in the processing area by the blind operator, as well as by the automatic operation systems is shown. The results can be used to improve existing technological purpose equipment, and to create new and innovative mechanical and technological developments for blind people.

Originality. New communication schemes of the structural mechanical-technological systems with contactless sensors discrete of the textile material edge position which moves in the longitudinal direction of the rack of the sewing machine and transverse direction by blind operator is set. The generalization of building structures laws with backward and forward linkages in the system "sewing machine - environment - blind operator" for the sewing machines design for the blind operators and sewing automated machines is improved.

Practical value. The results can be used to improve existing technological purpose equipment, as well as to create new innovative barrier-free technological equipment.

Keywords: discrete sensors, orientation details, blind operator, sewing machine.

УДК 677.017

SCHERBAN V.Y., SEMENOVA I.S., KOLYSKO O.Z.,
SHOLUDKO M.I., MURZA N.I.
Kyiv national university of technologies and design

DETERMINATION OF THE TRANSFER FUNCTION OF THE COMB TENSIONER OF THE THREA

Purpose. Stabilization of the threads tension is based on the optimization of the transfer function of the comb tensioner of the thread.

Methodology. The optimization of the transfer function of the comb tensioner of the thread is based on the complex theoretical researches of the interaction the threads with guides and working bodies of textile machinery in view of creasing, bending stiffness and is aimed at stabilizing the thread tension, that will allow to avoid its breakage and will improve the performance of the process equipment and the quality of produced products.

Findings. The conduction of the complex theoretical and experimental studies of the process of interaction between the real threads and comb strain relief of the process equipment, in view of the multi-dependence of this process, using modern tools and devices of registration the initial parameters, the active experiment planning, the application software of the computer allowed us to obtain the value of the transfer function and stabilize the thread tension based on improving the construction of the comb tensioner of the thread.

Originality. For the first time, were obtained the equations to determine the tension of the after comb tensioner of the thread based on actual physical and mechanical properties and the law of the change of the input tension.

Practical value. The construction parameters of a comb tensioner of the thread was optimized, that allowed to reduce breakage and, as a consequence, to improve the performance of the process equipment and the quality of produced products.

Keywords: a thread, a tension, a guide surface, a coverage angle, a friction, a tensioner of the thread.

Introduction. The stabilization of the tension of the thread in the processing on the process equipment plays an important role in increasing its productivity and in improving the product quality. This is because the uneven structure of threads (the presence of cones, thickening etc.), the varying input tension, which is determined with condition of the drop the thread from the spools lead to a sharp increase of tension and, consequently, to a breakage of the thread. The introduction to the charging scheme of the comb tensioner of the thread should ensure the stabilization of the thread tension after the tensioner of the thread. However, the structure of the existing equipment does not allow it.

Formulation of the problem. Determine the transfer function of the comb tensioner of the thread on the basis of the study of the process of the interaction of the thread with a moving guide surface of constant curvature.

Analysis of recent researches and publications. In the works [1-3] are the principal systems of differential equations to determine the tension of the leading of the branch of the thread with regard to its actual physical and mechanical properties. However, it is believed that the guide surface is stationary and a coverage angle of the thread guide is constant. In the work [1] are obtained the thread tension dependencies after the moving tensioner of the thread. However, the input thread tension remains constant, that is contrary to the actual conditions of production. Thus,

there are no researches to determine the thread tension on condition of its interaction with the movable guide when changing the input tension.

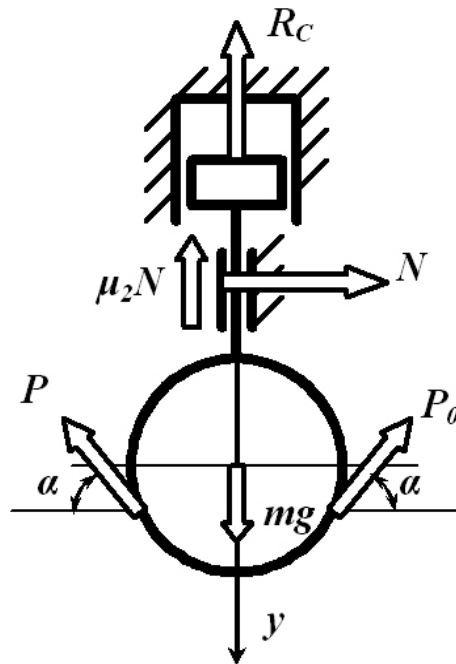


Fig.1. Calculation scheme

Results of a research. Figure 1 is a scheme of a comb tensioner of the thread. A comb tensioner of the thread, schematically, can be represented as a single-mass mass model m . The movable part includes a mass of a comb and masses of piston and connecting links. In the calculations, we will assume that the tensioner of the thread is located in the vertical plane. On the moving part will act the friction force $P_0 \cos \alpha (e^{2\mu_1 \alpha} - 1)$ between the cylindrical guide and the thread, a normal reaction N and the friction force $\mu_2 P_0 \cos \alpha (e^{2\mu_1 \alpha} - 1)$ between the pusher of the piston and vertical guides, the force of air resistance when the piston moves in the vertical guide R_C , the gravity force of the movable part mg . Then, the differential equation of motion of the movable part relatively a vertical axis will have the form

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = mg - c \frac{dy}{dt} - P_0 \sin \alpha (e^{2\mu_1 \alpha} + 1) - \mu_2 P_0 \cos \alpha (e^{2\mu_1 \alpha} - 1), \quad (1)$$

where y - a vertical ordinate; c - the coefficient that consider the effect of cross-sectional shape of the piston to the resistance force; μ_2 - the coefficient of the friction between the pusher of the piston and the vertical guides; P_0 - input tension of the thread; μ_1 - the coefficient of the friction between the thread and the cylindrical guide; 2α - a coverage angle of the thread of cylindrical guide; t - a time.

Input tension of the thread (see fig. 2), generally defined by the formula

$$P_0 = \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t), \quad (2)$$

where a_i, b_i - the amplitude changes of the i harmonic of input tension; ω_i - the frequency of the change of tension of i harmonic; n - a number of harmonics.

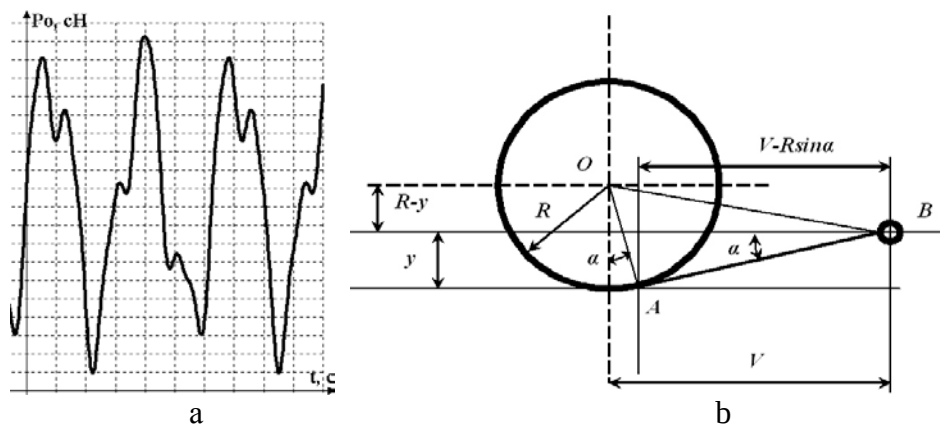


Fig.2. The law of the change of the tension and a calculation scheme

For the integration of the differential equation (1) it is necessary to determine the dependence of the change of the coverage angle α as a function of the vertical movement y . Using the method of introducing an additional angle (see fig 2b) we will obtain a system of equations for determining the required dependence

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{R}{\sqrt{V^2 + (R-y)^2}}\right) - \arcsin\left(\frac{R-y}{\sqrt{V^2 + (R-y)^2}}\right),$$

$$\sin \alpha = \frac{RV - (R-y)\sqrt{V^2 + (R-y)^2} - R^2}{V^2 + (R-y)^2},$$

$$\cos \alpha = \frac{V\sqrt{V^2 + (R-y)^2} - R(R-y)}{V^2 + (R-y)^2},$$
(3)

where R - the radius of the cylindrical guide; V - the distance between the axis of the cylindrical guide and the eyehole of the thread guide.

The figure 3a shows graphical changes of the coverage angle. Curve 1 corresponds to the case, when $R/V = 0.5$; curve 2 corresponds to the case, when $R/V = 0.7$; curve 3 corresponds to the case, when $R/V = 0.9$. The analysis of the given dependencies shown that to stabilize the tension it is necessary to $V \gg R$. In this case, changing the ordinate y , the change of the coverage angle will be less intense.

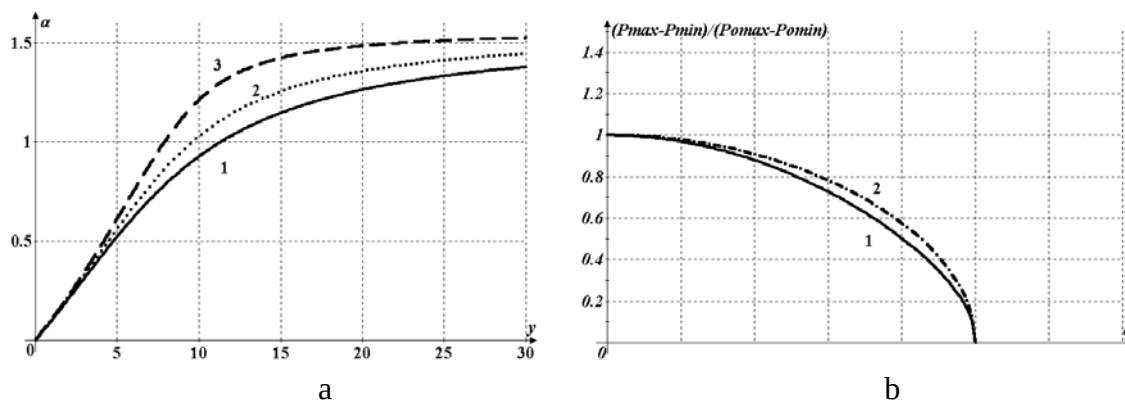


Fig.3. The charts of changing of the coverage angle and of the transfer function

transform the differential equation (1), with considering (2)-(3), to the species

$$\begin{aligned} \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{c}{m} \frac{dy}{dt} + \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t)}{m} & \left[\frac{RV - (R-y)\sqrt{V^2 + (R-y)^2}}{V^2 + (R-y)^2} \right. \\ & \times \left\{ e^{Z(y)} [1 + \mu_2 Z1(y)] + 1 - \mu_2 Z1(y) \right\} = g, \\ Z(y) = 2\mu_1 & \left[\arcsin \left(\frac{R}{\sqrt{V^2 + (R-y)^2}} \right) - \arcsin \left(\frac{R-y}{\sqrt{V^2 + (R-y)^2}} \right) \right] \\ Z1(y) = & \frac{V\sqrt{V^2 + (R-y)^2} - R^2 + R(R-y)}{RV - (R-y)\sqrt{V^2 + (R-y)^2} - R^2}. \end{aligned} \quad (4)$$

The differential equation (4) is a nonlinear differential equation of the second degree with a constant right-hand part. Its integration in elementary functions is not possible. Therefore, in the work were used numerical methods that allow implementing the Runge-Kutta-Merson algorithm with automatic integration step. For its implementation has been developed special software in Object Pascal in the Delphi environment. The received discrete values of the function $y = y(t)$ have been approximated by power polynomial. The maximum of the degree of the polynomial $n1$ was determined on the accuracy of receiving the results. As a result, was obtained the following relationship

$$y = a_0 + \sum_{j=1}^{n1} a_j t^j, \quad (5)$$

where a_0, a_j - the coefficients of the approximation polynomial.

In view of (1) and (5) the value of the transfer function will have the form

$$\begin{aligned} P = \frac{\Delta P}{\Delta P_0} &= \frac{P_{i \max} - P_{i \min}}{a_{i \max} \sin \omega_i t + b_{i \max} \cos \omega_i t - a_{i \min} \sin \omega_i t - b_{i \min} \cos \omega_i t} = \\ &= f[m, c, \mu_1, \mu_2, V, R, y(t) = a_0 + \sum_{j=1}^{n1} a_j t^j, \alpha(y), \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t) \end{aligned} \quad (6)$$

In figure 3b are present graphical dependencies changes of the transfer function (curve 1 - at $\mu_1 = 0.2$, curve 2 - at $\mu_1 = 0.4$). As seen, at the same range of tension fluctuations in the input and output, the transfer function equals 1. If $P = 0$, tensioner of the thread works in ideal conditions. Thus, it is necessary to select such construction parameters of the tensioner of the thread in which the transfer function will be tend to 0.

Conclusion. Was determined the transfer function of the comb tensioner of the thread, that allowed to optimize its construction parameters from the position of tension stabilization.

References

1. Щербань В.Ю. Механика нити/В.Ю.Щербань, О.Н.Хомяк, Ю.Ю.Щербань. - К.:Бібліотека офіційних видань, 2002.- 196 с.

2. Scherban V. Interaction yarn guide surface/V.Scherban, M. Sholudko, V. Kalashnik, O. Kolisko//Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. – May 2015. – Volume 4.- Number 3. – P. 10-15.

3. Ресурсоощадні технології виробництва текстилю, одягу та взуття: монографія: в 2 т. Т.1/Теоретичні основи та методи розроблення ресурсоощадних технологій та обладнання для виробництва текстилю, одягу та взуття/ В.Ю.Щербань, Б.Ф.Піпа, В.В.Чабан та ін. – К.:КНУТД, 2016. – 373 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДАТОЧНОЇ ФУНКЦІЇ ГРЕБІНЧАСТОГО НИТКОНАТЯГУВАЧА

ЩЕРБАНЬ В.Ю., СЕМЕНОВА І.С., КОЛИСКО О.З., ШОЛУДЬКО М.І., МУРЗА Н.І.
Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Встановлено умови стабілізації натягу ниток при снуванні на основі оптимізації передаточної функції гребінчастого нитконатягувача.

Методика. Оптимізація передаточної функції гребінчастого нитконатягувача базується на комплексних теоретичних дослідженнях взаємодії ниток з направляючими і робочими органами текстильних машин з урахуванням зминальності, жорсткості на вигин і спрямована на стабілізацію натягу нитки, що дозволить уникнути її обриву і підвищить продуктивність технологічного устаткування і якість виробів, що випускаються.

Результати. Проведення комплексних теоретично-експериментальних досліджень процесу взаємодії реальних ниток з гребінчастими компенсаторами натягу технологічного обладнання, з урахуванням багатофакторної залежності даного процесу, з використанням сучасних засобів і пристроїв реєстрації вихідних параметрів, активного планування експерименту, прикладного програмного забезпечення для ЕОМ дозволило отримати значення передаточної функції і стабілізувати натяг нитки на основі удосконалення конструкції гребінчастого нитконатягувача.

Наукова новизна. Вперше отримані рівняння для визначення натягу нитки після гребінчастого нитконатягувача з урахуванням реальних фізико-механічних властивостей і закону зміни вхідного натягу.

Практична значимість. Оптимізовані конструктивні параметри гребінчастого нитконатягувача, що дозволило знизити обривність і, як наслідок, підвищити продуктивність технологічного устаткування і якість продукції, яка випускається.

Ключові слова: нитка, натяг, направляюча поверхня, кут охоплення, тертя, нитконатягувач.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ГРЕБЕНЧАТОГО НИТЕНАТЯЖИТЕЛЯ

ЩЕРБАНЬ В.Ю., СЕМЕНОВА И.С., КОЛЫСКО О.З., ШОЛУДЬКО М.И.,
МУРЗА Н.И.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Стабилизация натяжения нитей при сновании на основе оптимизации передаточной функции гребенчатого нитенатяжителя.

Методика. Оптимизация передаточной функции гребенчатого нитенатяжителя базируется на комплексных теоретических исследованиях взаимодействия нитей с направляющими и рабочими органами текстильных машин с учетом сминаемости, жесткости

на изгиб и направлена на стабилизацию натяжения нити, что позволит избежать ее обрыва и повысит производительность технологического оборудования и качество выпускаемых изделий.

Результаты. Проведение комплексных теоретико-экспериментальных исследований процесса взаимодействия реальных нитей с гребенчатыми компенсаторами натяжения технологического оборудования, с учетом многофакторной зависимости данного процесса, с использованием современных средств и устройств регистрации исходных параметров, активного планирования эксперимента, прикладного программного обеспечения для ЭВМ позволило получить значение передаточной функции и стабилизировать натяжение нити на основе усовершенствования конструкции гребенчатого нитенатяжителя.

Научная новизна. Впервые получены уравнения для определения натяжения нити после гребенчатого нитенатяжителя с учетом реальных физико-механических свойств и закона изменения входного натяжения.

Практическая значимость. Оптимизированы конструктивные параметры гребенчатого нитенатяжителя, что позволило снизить обрывность и, как следствие, повысить производительность технологического оборудования и качество продукции, которая выпускается.

Ключевые слова: нить, натяжение, направляющая поверхность, угол охвата, трение, нитенатяжитель.

УДК 621.311.001

КАПЛУН В.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

**УМОВНИЙ ДИНАМІЧНИЙ ТАРИФ ЯК КРИТЕРІЙ
ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
МІКРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНИХ
ОБ'ЄКТІВ**

Мета. Обґрунтування критерію ефективності функціонування мікроенергетичних систем локальних об'єктів.

Методика. Мікроенергетична система розглядається як єдиний контрольований блок керованої системи електроспоживання з інтелектуальними джерелами, який може бути інтегрований у централізовану енергосистему. Аналіз підходів оцінювання ефективності локальної „розумної” мікроенергосистеми здійснюється з урахуванням дискретного і комбінаторного характеру математичних моделей систем такого роду, застосовані принципи структурування, декомпозиції і конвєєризації, теорії мережєвих графів.

Результати. В роботі обґрунтовано поняття та принципи формування умовного динамічного тарифу як інтегрального показника поточної вартості електроенергії мікроенергетичної системи з декількома джерелами перед її розподілом між споживачами локального об'єкта, який формується на основі реальної собівартості електроенергії у обраному часовому інтервалі з урахуванням графіка навантаження у реальному часі.

Наукова новизна. Вперше для оцінювання ефективності мікроенергетичних систем локальних об'єктів з традиційними і поновлюваними джерелами запропоновано використання умовного динамічного тарифу як інтегрального показника поточної вартості електроенергії енергетичного модуля мікроенергосистеми з урахуванням графіка навантаження у реальному часі.

Практична значимість. У роботі запропоновано метод формування алгоритмів управління енергобалансом мікро-сітки з використанням інтелектуальної системи керування на основі добового прогнозування рівнів генерації автономних джерел, використання ємності накопичувача для забезпечення оптимальних витрат на електроспоживання об'єкта.

Ключові слова: мікроенергетична система, мікро-сітка, умовний динамічний тариф, традиційні та поновлювані джерела електроенергії, оптимальне електроспоживання.

Вступ. Багато подій протягом останнього десятиліття підняли інтерес до вивчення еволюції конкурентних систем енергозабезпечення з узгодженням попиту та пропозицій на енергетичних ринках для оптимізації тарифів. В основу формування тарифів при енергозабезпеченні від централізованої енергосистеми (ЦЕС) покладені граничні витрати на технологічний цикл генерації, транспорту та розподілу електроенергії. Найбільшу проблему централізованої енергосистеми – вирівнювання графіку генерації шляхом управління електроспоживання у пікові періоди, можна розв'язати шляхом створення мотиваційного середовища у великої кількості споживачів, запровадивши динамічне ціноутворення на ринку електроенергії [1-3].

Сьогоднішній рівень технічного забезпечення інтелектуального моніторингу, обліку та управління технологічними процесами у електричних мережах є достатнім для впровадження ринкових механізмів ціноутворення у енергетичній сфері. З одного боку, це дасть можливість оптимізувати роботу енергосистеми, знизивши пікові навантаження, а з

іншого – залучити споживачів до формування принципів управління енергосистемою шляхом впровадження динамічного ціноутворення на електроенергію у режимі реального часу.

Споживачі набувають досвіду динамічного ціноутворення у великому різноманітті повсякденних покупок. У своїй класичній книзі про управління доходами, що була опублікована у кінці 90-х, Роберт Кросс яскраво висвітлив тенденцію до динамічного встановлення цін з метою максимізації прибутку. У наш час, динамічне ціноутворення використовуються у різних сферах бізнесу: авіакомпаніями, готельним господарством, компаніями з прокату автомобілів, залізничними дорогами і ін. Споживачі розуміють, що повинні платити більше, коли попит вище. У той же час, споживачі також розуміють вигоду: планування подорожі у період низьких цін дозволяє заощаджувати значні кошти, змінюючи графік споживання в залежності від ціни.

Аналіз процесів в енергетичній сфері США показав, що впровадження на національному рівні динамічного ціноутворення має потенціал для п'ятикратного зменшення частки пікового попиту. Разом з цим таке оцінювання дозволило визначити ефективність управління попитом і показало, що навіть скорочення пікового попиту на 5% може зменшити витрати на виробництво електроенергії на \$3 мільярди в рік.

Останнє десятиліття електромережі загального користування використовуються у режимах, що характеризуються поступовим переходом від класичної централізованої мережі з однонаправленою передачею енергії (від централізованих джерел до споживачів шляхом транспорту через розподільчі мережі) до локальних мереж з розподіленими джерелами, які набули нових властивостей шляхом впровадження інтелектуальних систем управління. Поява „розумних” мереж та мікро-сіток спричинило ряд проблем, пов'язаних з непристосованістю існуючих мереж до підключення джерел на рівні споживача. Мікро-сітка як локальна мережа низької напруги, управляється за допомогою інтелектуальної системи і може бути інтегрована у мережу центральної енергосистеми, мати з нею взаємопов'язані режими, або бути повністю ізольованою, функціонально відокремленою. Мікро-сітка може мати різні джерела генерації електроенергії, традиційні та поновлювальні, які теж можуть бути джерелами розподіленої генерації для централізованої мережі [4,5].

Постановка завдання. Для найбільш еластичного узгодження генерації та попиту на споживання у мікроенергетичній системі локального об'єкта доречно розглядати щодобові сценарії оптимізації. Графік генерації джерел розподіленої генерації чи автономних джерел – це планування генерації електроенергії щодобово або потижнево, для досягнення оптимізації в частині витрат на електрозабезпечення та, одночасно, враховуючи різноманітні обмеження для поновлюваних джерел (рівень досяжності до природного енергетичного потенціалу) та централізованої мережі (наявність добових тарифних зон, показники надійності, можливість паралельної роботи з джерелами розподіленої генерації). Це одна з найскладніших проблем оптимізації систем електрозабезпечення локальних об'єктів у межах мікро-сіток, оскільки для цього необхідно опрацювати багато безперервних і дискретних змінних для побудови декількох цільових функцій та коректно враховувати при цьому численні обмеження для дуже короткого часового інтервалу.

Проблема планування генерації електроенергії у мікро-сітках дуже відрізняється від планування графіків навантаження у класичній системі енергопостачання. Як було зазначено

вище, мікро-сітка зазвичай складається з традиційних джерел ЦЕС, генераторів з двигунами внутрішнього згорання та декількох поновлювальних джерел, насамперед, вітрових та сонячних електростанцій (ВЕС та СЕС), сумірною зі споживачем встановленою потужністю, а також накопичувачів - акумуляторних батарей (АКБ). Характеристики поновлювальних джерел і АКБ значно відрізняються від традиційних джерел. Крім того, неможливо завжди забезпечити однаковий рівень генерації поновлювальних джерел і, як наслідок, неможливо дотриматись наперед заданого графіка електроспоживання на основі використання тільки таких джерел. Тому зв'язок мікро-сітки з ЦЕС, традиційними джерелами та визначеною наперед ємністю накопичувача є необхідною умовою забезпечення заданого графіка електроспоживання об'єкта, у якому функціонує мікро-сітка.

Наявність у мікро-сітці декількох джерел, накопичувача електроенергії та їх зв'язок з ЦЕС вимагає створення ієрархічної автоматизованої системи керування. Поєднання традиційних і поновлювальних джерел, досконале прогнозування обсягів їх генерації є важливим і складним науковим завданням для розроблення принципів управління мікро-сіткою [6,7].

Результати дослідження. У роботі запропоновано метод формування алгоритмів управління енергобалансом мікро-сітки з використанням інтелектуальної системи керування на основі добового прогнозування рівнів генерації автономних джерел, використання ємності накопичувача для забезпечення заданого графіка електроспоживання, в якому функціонує мікро-сітка, і включення до структури енергетичного модуля таких джерел, які б забезпечили мінімальні експлуатаційні витрати на електрозабезпечення локального об'єкта.

На першому етапі завдання полягає у розробці теоретичних засад управління процесами генерації, накопичення та споживання електроенергії при детермінованому добовому графіку електрозабезпечення з трьома джерелами: ЦЕС, вітросонячною установкою (ВСУ) та автономною електростанцією з двигуном внутрішнього згорання (АЕСДВЗ) на основі одного критерію - умовного динамічного тарифу.

Умовний динамічний тариф (УДТ) – це інтегральний показник приведеної поточної вартості електроенергії на основній шині перед розподілом між споживачами локального об'єкта, який формується на основі реальної собівартості електроенергії кожного з джерел, що входять до енергетичного модуля мікро-сітки, у заданому часовому інтервалі, умовою визначення тривалості якого є прогноз незмінності вартості електроенергії та ймовірність, з якою цей прогноз здійснюється.

В залежності від добових зон тарифів ЦЕС (детермінований чинник), доступного природного потенціалу для генерації від ВСУ (ймовірнісний чинник), ємності накопичувача та рівня його заряду у будь-який момент часу (ймовірнісний чинник), собівартість електроенергії буде змінюватись у певних межах. Як видно з вище наведених міркувань, алгоритм керування мікро-сіткою повинен забезпечувати узгоджений добовий графік електроспоживання локального об'єкта обраними джерелами.



Рис.1 Формалізоване пояснення мети оптимізації функціонування мікроенергетичної системи

Перед тим, як перейти до формулювання принципів побудови алгоритмів керування енергетичним модулем, необхідно розробити формалізовану модель функціонування мікро-сітки і встановити причини, що суттєво впливають на формування собівартості електроенергії. Для прогнозування рівнів генерації ВСЕ необхідно використати статистичні дані про енергетичні потенціали вітру і сонця, вартість первинного палива та ймовірнісні методи їх оцінювання.

Загалом, задача оптимізації полягає у наступному:

I-й підхід: при відомих, обраних наперед потужностях генеруючих установок ВСУ, АЕСДВЗ, ємності акумуляторів та добовому графіку електроспоживання, необхідно розробити математичний апарат формування УДТ з урахуванням ймовірностей доступності до вітрової та сонячної енергії у обраній кліматичній зоні. На першому етапі показники апаратної надійності (безвідмовності) елементів системи вважатимемо постійними, тобто такими, що не впливають на процес генерації і накопичення, в тому числі і ЦЕС.

II-й підхід: при певних обмеженнях на ціну електроенергії у пропонованій системі (визначений наперед УДТ для добових зон) визначити склад системи електрозабезпечення на основі обраних джерел та оптимізувати їх потужності і ємність накопичувача з урахуванням ймовірностей доступності до вітрової, сонячної енергії у обраній кліматичній зоні та обмеженнями щодо апаратної надійності елементів системи.

Очевидно, що вирішення такого завдання необхідно побудувати та дослідити дискретно-лінійну цільову функцію на максимума та мінімуми відповідно, як для першого, так і для другого підходу. Виходячи з практичної зручності, тривалість часової дискрети можна обрати 20-30 хвилин.

До складових елементів системи енергетичного модуля мікро-сітки входять (рис.2):

- вітроелектростанція (ВЕС);
- сонячна електростанція (СЕС);
- інвертор з функцією зарядного пристрою І/ЗП;
- акумуляторні батареї (АКБ);
- автономна електростанція з двигуном внутрішнього згорання (АЕСДВЗ);
- шини централізованої енергосистеми (ЦЕС);

- таймер перемикання кіл для використання зонних тарифів ЦЕС;
- автоматизована система керування (СК).

До системи керування, у свою чергу входить:

- реле струму PI_1 ВЕС;
- реле струму PI_2 СЕС;
- реле контролю заряду АКБ PU_1 ;
- реле контролю напруги ЦЕС PU_2 ;
- пристрій автоматичного вводу резерву ЦЕС ABP_1 ;
- пристрій автоматичного вводу резерву АЕСДВЗ ABP_2 ;
- реле контролю напруги АЕСДВЗ PU_3 ;
- пристрій автоматичного вводу резерву для заряду АКБ ABP_3 ;
- пристрій автоматичного вводу резерву на шинах споживача ABP_4 .

Пріоритетна послідовність роботи джерел живлення наступна:

а) живлення споживачів відбувається від вітросонячної системи при достатньому рівні заряду АКБ. СК утримує ABP_4 в положенні 1, при значеннях сигналів з давачів PI_1 , PI_2 та PU_1 більше мінімальних порогових значень;

б) при досягненні сигналу з давача PU нижче мінімального порогового значення СК здійснює перемикання ABP_4 у положення 2. При цьому у часовій зоні найменшого тарифу можливе заряджання АКБ (при відсутності струму заряду з ВЕС і СЕС) для чого СК комутує ABP_3 ;

в) при відключенні ЦЕС (сигнал з PU_2 відсутній), СК запускає програму підготовки до запуску і пуск АЕСДВЗ, а потім, при появі сигналу з PU_3 , здійснює комутацію ABP_4 в положення 3.

При появі сигналів з PU_1 чи PU_2 більших, ніж мінімальні порогові значення, СК виконує відповідні комутації для перемикання живлення споживачів від джерел, пріоритетна послідовність роботи яких описана вище.

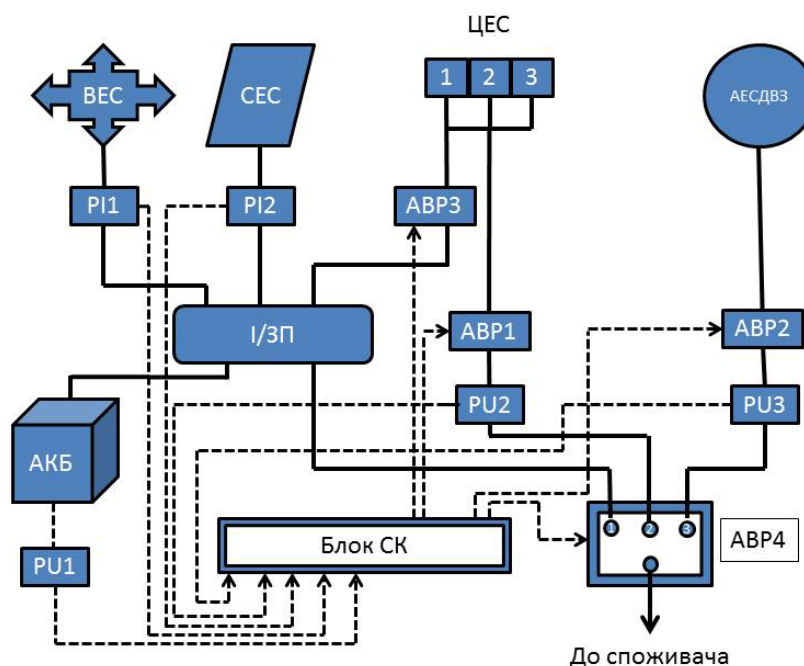


Рис. 2 Структурна схема енергетичного модуля мікроенергетичної системи з енергетичними зв'язками та сигналами керування

Для конкретного набору джерел (модельний ряд, встановлені потужності, кліматична зона) моделювання функціонування мікро-сітки необхідно здійснювати на основі часових діаграм роботи джерел у відповідності до пріоритету, визначеного вище.

Принцип формування УДТ полягає у одержанні розрахункової вартості електроенергії на шині споживача у певному часовому інтервалі, що генерується комбінованим енергетичним модулем з декількома джерелами (АКБ може бути як навантаженням для вітросонячної електростанції та ЦЕС, так і окремим джерелом) та прогнозного оцінювання незмінності визначеного УДТ на заданому інтервалі часу із заданою ймовірністю.

Для технологічного контролю рівнів генерації джерел (чи кількості відпущеної електроенергії з шин ЦЕС) пропонується наступна конфігурація збору первинних даних усередині енергетичного модуля для подальшого їх використання у обчисленнях інтелектуального блоку СК (рис.3).

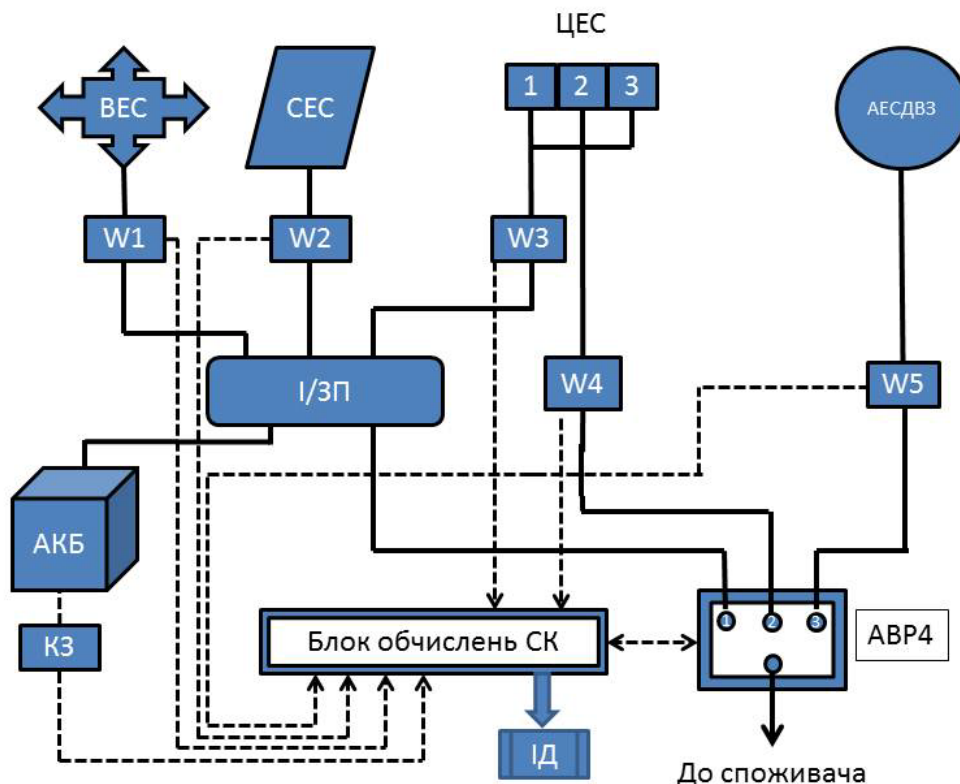


Рис. 3 Система збору і обробки даних для формування УДТ (W_1-W_5 - цифрові вимірювачі потужності; КЗ – контролер рівня заряду АКБ; ІД – інформаційний дисплей)

Як видно з (рис.3) найпростішим давачем потужності у режимі реального часу може бути цифровий вимірювач потужності з відповідним інтерфейсом та адаптованим видом вихідного сигналу для блоку обчислень СК.

У загальному вигляді формування УДТ відбувається наступним чином. Оскільки джерела електричної енергії є взаємозамінними та взаємно резервованими, особливості процесів перетворення первинної енергії у електричну висуває певним чином обґрунтовані вимоги щодо пріоритетного їх використання. Знаючи рівень енерговитрат, раціональним є визначення кількості енергії w_n , яка повинна надходити від обраних n джерел, собівартість електроенергії від яких буде різною. Кожне з цих джерел має різну доступність k . Під доступністю будемо розуміти ймовірність того, що i -те джерело буде здатне генерувати задану кількість електроенергії w_n у заданий час, або ймовірність того, що генеруюча установка буде забезпечена первинною

енергією в будь-який час і в об'ємі, що відповідає номінальним показникам установки, $k_{di} \in [0,1]$.

Якщо необхідно забезпечити електроживлення визначеної групи струмоприймачів з заданим рівнем електроспоживання W , необхідна кількість електроенергії мікроенергетичної системи може забезпечуватися можливим набором комбінацій з будь-яких, наперед визначених n джерел електроенергії.

У формалізованому вигляді УДТ $U(t)$ визначатиметься як:

$$U(t) = \sum_{i=1}^n w_i B_i(t), \quad (1)$$

де $B_i(t)$ - питома вартість генерованої електроенергії i -тим джерелом для певного часу t .

Залежність (1) справедлива за умови, коли i -те джерело з найменшою собівартістю електроенергії може забезпечити достатньою кількістю електроенергії, у іншому випадку знадобиться додаткове джерело, яке забезпечить необхідною кількістю електроенергії, якої бракувало ($\sum_{i=1}^n W_k (1 - k_{di})$).

$$U(t) = \sum_{i=1}^n w_i B_i(t) k_i + B_k \sum_{i=1}^n W_k (1 - k_{di}). \quad (2)$$

Очевидно, що найбільш раціональний варіант електроживлення обраної групи споживачів з огляду витрат на первинні енергоресурси спостерігатиметься за умови:

$$U(t) \Rightarrow \min. \quad (3)$$

Розв'язок рівняння (3) дозволить одержати оптимальний набір джерел електроенергії з урахуванням режиму електроспоживання та приведеної питомої вартості електроенергії для обраного часу t . Мінімальне значення УДТ $U^{min}(t)$ в заданий момент часу t буде відповідати певній конфігурації структури активних джерел з мінімальною вартістю первинного палива чи тарифної зони для ЦЕС.

Висновки. Таким чином, мікро-сітку можна розглядати як єдиний контрольований блок навантаження у системі електроживлення або як блок інтелектуальних джерел, що працюють на паралель з централізованою енергосистемою. Маючи свою локальну „розумну” систему управління та генерації електроенергії, насамперед поновлюваними джерелами, мікроенергетична система спроможна забезпечувати споживачів локального об'єкта надійною та якісною електроенергією за найнижчою ціною.

Планування виробництва електроенергії та узгодження рівнів електроспоживання з графіком навантаження у мікро-сітці – це головна функція інтелектуальної системи управління. Вона повинна враховувати графік генерації електроенергії з власних джерел та найбільш оптимальний розподіл навантаження між споживачами, забезпечуючи стійкість роботи мікроенергетичної системи та якість електроенергії (безперервність електроживлення).

Список використаних джерел

1. P. Samadi, R. Schober, and V. Wong, "Optimal energy consumption scheduling using mechanism design for the future smart grid," in IEEE SmartGridComm, 2011.
2. P. Yi, X. Dong, A. Iwayemi, C. Zhou, and S. Li, "Real-time opportunistic scheduling for residential demand response," IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 4, no. 1, pp. 227–234, March 2013.
3. B.-G. Kim, Y. Zhang, M. van der Schaar, and J.-W. Lee, "Dynamic pricing for smart grid with reinforcement learning," in IEEE CCSES (IEEE INFOCOM Workshop), 2014.
4. M. H. Albadi and E. El-Saadany, "Demand response in electricity markets: An overview," in IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2007.
5. J.-W. Lee and D.-H. Lee, "Residential electricity load scheduling for multi-class appliances with time-of-use pricing," in IEEE GLOBECOM Workshops, 2011.
6. H.-T. Roh and J.-W. Lee, "Residential demand response scheduling for multi-class appliances in the smart grid," IEEE Transactions on Smart Grid, to appear. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/TSG.2015.2445491>
7. A.-H. Mohsenian-Rad and A. Leon-Garcia, "Optimal residential load control with price prediction in real-time electricity pricing environments," IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 1, no. 2, pp. 120–133, Sept. 2010.

УСЛОВНЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ТАРИФ КАК КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МИКРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Киевский национальный университет технологий и дизайна
КАПЛУН В.В.

Цель. Обоснование критерия эффективности функционирования микроэнергетических систем локальных объектов.

Методика. Микроэнергетическая система рассматривается как единственный контролируемый блок управляемой системы электропотребления с интеллектуальными источниками, которые могут быть интегрированы в централизованную энергосистему. Анализ подходов оценки эффективности локальной "умной" микроэнергосистемы осуществляется с учетом дискретного и комбинаторного характера математических моделей систем такого рода, применены принципы структурирования, декомпозиции и конвейеризации, теории сетевых графов.

Результаты. В работе обосновано понятие и принципы формирования условного динамического тарифа как интегрального показателя текущей стоимости электроэнергии микроэнергетической системы с несколькими источниками перед ее распределением между потребителями локального объекта, который формируется на основе реальной себестоимости электроэнергии в выбранном временном интервале с учетом графика нагрузки в реальном времени.

Научная новизна. Впервые для оценки эффективности микроэнергетических систем локальных объектов с традиционными и возобновляемыми источниками предложено использование условного динамического тарифа как интегрального показателя текущей стоимости электроэнергии энергетического модуля микроэнергосистемы с учетом графика нагрузки в реальном времени.

Практическая значимость. В работе предложен метод формирования алгоритмов управления энергобаланса микро-сети с использованием интеллектуальной системы управления на основе суточного прогнозирования уровней генерации автономных источников, использования емкости накопителя для обеспечения оптимальных затрат на электропотребление объекта.

Ключевые слова: микроэнергетическая система, микро-сеть, условный динамический тариф, традиционные и возобновляемые источники электроэнергии, оптимальное электропотребление.

**THE DYNAMIC PRICING OF ELECTRICITY
AS A CRITERIA OF EFFICIENCY OF LOCAL MICROENERGY SYSTEMS**

KAPLUN V.V.

Kyiv National University of Technologies & Design

Purpose. Justification of a criteria of efficiency of local micro energy systems.

Methods. Micro energy system is considered as a single unit controlled by the managed system with intelligent electricity sources that can be integrated into a centralized grid. Analysis of approaches evaluate the effectiveness of the local "smart" microgrid shall be based on the discrete and combinatorial nature of mathematical models of such systems by applying the principles of structuring, decomposition and pipelining, the network graph theory.

Results. The research justified the concept and principles of conditional dynamic pricing as the integral index of the current cost of electricity microgrid with multiple sources prior to distribution between consumption of a local object based on the current cost of electricity in the chosen time interval considering the load curve at the current time.

Originality. For the first time to assess the effectiveness of local microgrid with traditional and renewable sources suggested the use of the conditional dynamic pricing as the integral index of the current value of the power systems based on the load level at the current time.

The practical significance. This paper proposes a method of forming the control algorithms of the energy balance of micro-networks using an intelligent control system based on the daily forecasting generating of independent sources, the use of storage capacity for optimal power consumption for the local object.

Keywords: microgrid, dynamic pricing, traditional and renewable energy sources, optimal power consumption.

УДК 677.072.6

РЕЗАНОВА В.Г.

Київський національний університет технологій та дизайну

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ЧОТИРИКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ ПОЛІМЕРІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ ШТРАФНИХ ФУНКЦІЙ

Мета. Розв'язання задачі оптимізації складу чотирикомпонентних сумішей полімерів. Перетворення задачі умовної оптимізації на задачу безумовної оптимізації та подальше її розв'язання. Створення спеціального програмного забезпечення.

Методика. Перетворення задачі умовної оптимізації на задачу безумовної оптимізації здійснювалось методом штрафних функцій. Розв'язання отриманої задачі проводилось градієнтним методом із дробленням кроку. Програмне забезпечення розроблялося мовою Object Pascal у середовищі Delphi.

Результати. Розроблено математичне та програмне забезпечення для розв'язання задачі оптимізації складу чотирикомпонентних сумішей полімерів при реалізації специфічного волокноутворення.

Наукова новизна. Розроблене математичне та програмне забезпечення дозволяє розв'язувати задачі оптимізації складу чотирикомпонентних сумішей полімерів за допомогою методу штрафних функцій та градієнтного методу із дробленням кроку. Розв'язання задачі оптимізації є складовою частиною теоретичного дослідження специфічного волокноутворення.

Практична значимість. Застосування вищеповисаних методів забезпечує знаходження оптимального складу чотирикомпонентної полімерної суміші, що дасть можливість отримувати ультратонкі модифіковані нановолокна з покращеними властивостями.

Ключові слова: волокноутворення, умовна оптимізація, безумовна оптимізація, метод штрафних функцій, градієнтний метод, програмне забезпечення.

Вступ. Одним із основних критеріїв оцінки рівня науково - технічного прогресу в країні є ступінь використання полімерних матеріалів.

У наш час переробка розплавів сумішей полімерів є одним із перспективних методів одержання волокон з діаметрами від декількох до десятих долей мікрметра (явище специфічного волокно утворення [1], [2]). Змішування полімерів та введення спеціальних добавок - компатибілізаторів дозволяє не тільки поєднувати властивості двох компонентів, а й одержувати унікальні ефекти та нові матеріали з характеристиками, які непритаманні вихідним полімерам. У даний час нанотехнології є однією з найперспективніших та важливих галузей знань. У останні роки одним з перспективних напрямків техніки й науки є розроблення принципів отримання нанопоповнених волокон й нанокомпозитів. Введення у бінарну полімерну суміш компатибілізатора та модифікуючої нанодобавки призводить до необхідності розгляду чотирикомпонентної суміші полімерів.

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. Розв'язання задачі оптимізації складу трикомпонентної суміші було здійснено автором раніше [5]. Було використано метод оптимізації за узагальненим критерієм бажаності – критерієм Харрінгтона [4]. Даний метод є надзвичайно простим і зручним, але добре працює лише для

досить простих систем, оскільки являє собою, по суті, перебір допустимих точок факторного простору з метою знаходження оптимальної. Для більш складних систем, якою є чотирикомпонентна суміш, він стає занадто громіздким і призводить до невиправдано великих витрат машинного часу та ресурсів. Тому необхідно шукати інший теоретично обґрунтований підхід до розв'язання даної задачі.

Явище специфічного волокноутворення досліджується на сьогоднішній день активними темпами, оскільки має великий науковий інтерес з точки зору створення загальної теорії процесів переробки сумішей полімерів. При цьому ступінь реалізації волокноутворення визначається значною мірою співвідношенням компонентів в суміші.

При створенні полімерних композицій керуються практичними міркуваннями, тобто емпіричний пошук випереджає розвиток теорії. Але лише науково обґрунтований підхід до вибору хімічної природи полімерів, їх співвідношення, знання закономірностей зміни макрореологічних властивостей суміші від її мікроструктури дасть можливість одержувати полімерні композиції з заданими властивостями.

Постановка завдання. Розглядаємо чотирикомпонентну сумішеву систему, яка складається із двох полімерів (волокноутворюючий – поліпропілен (ПП) та матричний – співполіамід (СПА) та двох добавок (компатибілізатор та модифікуюча нанодобавка). Дослідження суміші даного складу являє значний науковий та практичний інтерес, оскільки експериментально встановлено, що з неї можна отримувати волокна з новими надзвичайними властивостями. Знання оптимального складу суміші дасть змогу науково-обґрунтовано підійти до процесу волокноутворення і отримати волокна із найкращими властивостями [6].

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 мікрОВОЛОКОН; y_2 – масова частка безперервних ВОЛОКОН; y_3 – фільерна витяжка. (Зауважимо, що кількість показників – критеріїв оптимізації може бути іншою – на математичну та програмну реалізацію це не впливає).

Математична модель задачі, отримана із застосуванням вищеописаних підходів, знайдена в [6]. Задачу багатокритеріальної оптимізації перетворено в однокритеріальну задачу наступного вигляду [7]:

$$\begin{aligned} F = & -0.4750 \cdot x_1 - 0.4095 \cdot x_2 - 0.5421 \cdot x_3 - 2.9493 \cdot x_4 - 0.5153 \cdot x_1 \cdot x_2 - \\ & - 0.7193 \cdot x_1 \cdot x_3 - 8.0168 \cdot x_1 \cdot x_4 - 39.0697 \cdot x_2 \cdot x_3 - \\ & - 7.9289 \cdot x_2 \cdot x_4 - 13.2600 \cdot x_3 \cdot x_4 - 148.8703 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 22.4162 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 - \\ & - 1.2639 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + 262.3487 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \rightarrow \min \\ & 0.2 \leq x_1 \leq 0.35 \\ & 0.65 \leq x_2 \leq 0.8 \\ & 0.001 \leq x_3 \leq 0.01 \\ & 0.01 \leq x_4 \leq 0.04 \end{aligned}$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1 \quad (1)$$

Ця задача потребує подальшого розв'язання з метою знаходження оптимального складу суміші.

Результати та їх обговорення. Маємо справу із задачею умовної оптимізації. Це задача, яка пов'язана з оптимізацією за наявності обмежень на змінні. Дані обмеження зменшують розмір області, у якій шукається оптимум. Процес оптимізації стає складнішим, тому що за наявності обмежень не можна використовувати застосовувані умови оптимальності. Також можливе порушення навіть основної умови, відповідно до якої оптимум має досягатися у стаціонарній точці.

Для переходу від задачі умовної оптимізації із обмеженнями до задачі без обмежень, використовують наступні методи [8], [9], [10]:

- Метод невизначених множників Лагранжа;
- Метод штрафних функцій;
- Метод бар'єрних функцій.

Будемо використовувати метод штрафних функцій. Функція $P(x)$ – це штрафна функція. Потрібно, щоб вона «штрафувала» функцію Z при порушенні обмежень (збільшувала її значення). Тоді мінімум функції Z буде знаходитися усередині області обмежень. Функція $P(x)$, яка задовольняє цій умові, може бути не одною. Задачу мінімізації можна сформулювати наступним чином: мінімізувати функцію $z = f(x)$, при обмеженнях $c_j(x) > 0$, $j = 1, 2, \dots, m$. Функцію $P(x)$ зручно записати наступним чином:

$$P(x) = r \cdot \sum_{j=1}^m \frac{1}{c_j(x)}, \text{ де } r - \text{досить мала величина. Тоді функція приймає вид}$$

$$Z = \varphi(x, r) = f(x) + r \cdot \sum_{j=1}^m \frac{1}{c_j(x)}.$$

Якщо x приймає допустимі значення, тобто значення, для яких $c_j(x) > 0$, то Z приймає значення, які більші відповідних, а різницю можна зменшити за допомогою r , що є досить малою величиною. Якщо x приймає допустимі значення, але які близькі до межі області обмежень, й хоча б одна із функцій $c_j(x)$ є близькою до нуля, то значення функції $P(x)$, а також значення функції Z будуть досить великі. Отже, вплив функції $P(x)$ є в утворенні «гребеня із крутими краями» вздовж межі області обмежень. Тож, якщо пошук почнеться із допустимої точки та відбувається мінімізація функції $\varphi(x, r)$ без обмежень, тоді мінімум, звичайно, буде досягатися усередині допустимої області для задач із обмеженнями. Якщо r достатньо мала величина, то щоб вплив $P(x)$ став малим у точці мінімуму, необхідно зробити точку мінімуму функції $\varphi(x, r)$ без обмежень, що співпадатиме із точкою мінімуму задач з обмеженнями.

У нашому випадку для задачі (1) побудуємо функцію без обмежень, використовуючи штраф:

$$\begin{aligned}
 F = & -0.4750 \cdot x_1 - 0.4095 \cdot x_2 - 0.5421 \cdot x_3 - 2.9493 \cdot x_4 - 0.5153 \cdot x_1 \cdot x_2 - \\
 & - 0.7193 \cdot x_1 \cdot x_3 - 8.0168 \cdot x_1 \cdot x_4 - 39.0697 \cdot x_2 \cdot x_3 - \\
 & - 7.9289 \cdot x_2 \cdot x_4 - 13.2600 \cdot x_3 \cdot x_4 - 148.8703 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 22.4162 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 - \\
 & - 1.2639 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + 262.3487 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 + \\
 & + r \cdot \left(\frac{1}{x_1 - 0.2} + \frac{1}{0.35 - x_1} + \frac{1}{x_2 - 0.65} + \frac{1}{0.8 - x_2} + \frac{1}{x_3 - 0.001} + \frac{1}{0.01 - x_3} + \right. \\
 & \left. + \frac{1}{x_4 - 0.01} + \frac{1}{0.04 - x_4} + (1 - x_1 - x_2 - x_3 - x_4)^2 \right) \rightarrow \min
 \end{aligned} \tag{2}$$

Чим ближче до мінімуму штраф при $r \rightarrow 0$, тим менший градієнт функції. Пошук закінчується, якщо $r_n \leq \varepsilon$, де ε – задане досить мале число.

Отже, в результаті застосування методу штрафних функцій, отримали задачу безумовної оптимізації.

Розглянемо підходи до розв'язання задач безумовної оптимізації. Задача багатовимірної безумовної оптимізації сформульована наступним чином: знайти мінімум функції $f(x)$, де $x \in R^n$, при відсутності обмежень на x , при цьому $f(x)$ – це скалярна цільова функція, безперервно диференційована [8], [9], [10].

При вирішенні цього класу задач потрібно враховувати такі фактори:

- характер цільової функції розв'язуваної задачі (одно екстремальна або багато екстремальна);
- можливість отримання в процесі оптимізації інформації про похідні цільової функції;
- наявність різних підходів до організації ітеративної процедури пошуку оптимуму (методи, засновані на ітеративному русі змінних в напрямку, обумовленому тим або іншим способом).

Методи безумовної оптимізації:

Методи прямого пошуку

У методах прямого пошуку мінімуму цільової функції (або методах нульового порядку) використовується інформація лише про значення функції. Багато з цих методів не мають строгого теоретичного обґрунтування і побудовані на основі евристичних міркувань.

- Методи першого порядку
- Методи 2-го порядку (Ньютонівські методи)

Методи випадкового пошуку

Методи випадкового пошуку реалізують ітеративний процес руху оптимізаційних змінних в просторі з використанням випадкових напрямків. Одна з переваг цих методів – достатня простота, методи володіють великим спектром можливих напрямків руху.

Для розв'язання задачі (2) будемо застосовувати градієнтний метод із дробленням кроку методи [10]. Обрання даного методу зумовлене, з одного боку, – достатньою простотою, а з іншого – хорошою збіжністю.

Передбачається, що $f(x)$, ∇f існують і безперервні. Метод заснований на ітераційній процедурі, що обумовлена формулою: $x^{(k+1)} = x^{(k)} + \lambda_k \cdot S_k$, де λ_k – величина кроку, S_k – вектор в напрямку $x^{(k+1)} - x^{(k)}$. Градієнтні методи розрізняються тільки способом визначення λ_k і S_k зазвичай визначається шляхом вирішення задачі оптимізації $f(x)$ в напрямку S_k . Напрямок S_k залежить від того, як апроксимується функція $f(x)$.

Будується послідовність точок $\{x^{(k)}\}$, $k=0,1,\dots$, які $f(x^{(k+1)}) < f(x^{(k)})$, $k=0,1,\dots$

Точки послідовності $\{x_k\}$ вираховуються за наступним правилом:

$$x^{k+1} = x^k - \lambda_k \cdot \text{grad } f(x_k), \quad k=0,1,\dots$$

Початкова точка x_0 і початковий крок λ_0 задаються користувачем. Величину кроку λ_0 не змінюють до тих пір, доки функція спадає в точках послідовності. Умовою закінчення обчислень є виконання нерівностей (близькість до нуля градієнта $\text{grad } f(x^{(k)})$):
 $\left| \frac{df(x^{(k)})}{dx^{(i)}} \right| \leq \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, n$ чи $\|\text{grad } f(x^{(k)})\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{df(x^{(k)})}{dx_i} \right]^2} \leq \varepsilon$, де ε є заданим досить малим числом, якщо умова спадання не виконується, тоді величину кроку зменшують, зазвичай, вдвічі ($\lambda_k = \frac{\lambda_k}{2}$) до виконання нерівності $f(x^{(k+1)}) < f(x^{(k)})$ і продовжують обчислення.

Проілюструємо застосування градієнтного методу із дробленням кроку для задачі (2).

$$1) \quad \text{Задаємо початкову точку } x^{(0)} = \begin{pmatrix} 0.3 \\ 0.675 \\ 0.005 \\ 0.02 \end{pmatrix},$$

початкову величину кроку $\lambda_0 = 0.0000001$, $\varepsilon = 0.01$.

$$2) \quad \text{Знаходимо частинні похідні в точці } x^{(0)}: \quad \left. \frac{df}{dx_1} \right|_{x^{(0)}} = -4715,$$

$$\left. \frac{df}{dx_2} \right|_{x^{(0)}} = -5739, \quad \left. \frac{df}{dx_3} \right|_{x^{(0)}} = -49044, \quad \left. \frac{df}{dx_4} \right|_{x^{(0)}} = -17407$$

3) Перевіряємо критерій зупинки за $\text{grad } f(x^{(k)})$.

Маємо $\text{grad } f(x^{(k)}) = 52569$.

4) Обчислюємо значення функції в початковій точці $x^{(0)}$: $F(x^{(0)}) = -2757$.

5) Зробимо крок вздовж напрямку антиградієнта:

$$x^{(1)} = x^{(0)} - \lambda_0 \cdot \text{grad } f(x^{(0)}) = \begin{pmatrix} 0.3 \\ 0.675 \\ 0.005 \\ 0.02 \end{pmatrix} - 0.0000001 \cdot \begin{pmatrix} -4715 \\ -5739 \\ -49044 \\ -17407 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.30047 \\ 0.67557 \\ 0.00499 \\ 0.02174 \end{pmatrix}$$

6) Обчислюємо значення функції в точці $x^{(1)}$: $F(x^{(1)}) = -925$

Так як $F(x^{(1)}) > F(x^{(0)})$, то величину кроку зменшуємо: $\lambda_1 = \frac{0.0000001}{2} = 0.00000005$.

7) Повторюємо дії, допоки $\text{grad } f(x^{(k)}) < \varepsilon$.

8) Після виконання умови зупинки, на останньому кроці матимемо наступні значення:

$$x^{(n)} = \begin{pmatrix} 0.2752 \\ 0.6943 \\ 0.0055 \\ 0.0250 \end{pmatrix}, F(x^{(n)}) = -3412, \text{grad } f(x^{(n)}) = 0.00989.$$

В результаті отримані x_1, x_2, x_3, x_4 є оптимальними вмістами компонентів суміші.

Всі описані дії реалізуються програмно у спеціально створеному програмному забезпеченні [11], [12].

Форма, наведена на рис. 1, візуально відображає реалізацію оптимізації задачі градієнтним методом із дробленням кроку. Початкові значення змінних та крок задаються із форми. Обмеження на змінні задачі зчитуються із файлу x.txt (рис.2).

Рис.1. Форма «Однокритеріальна оптимізація» - введення початкових значень

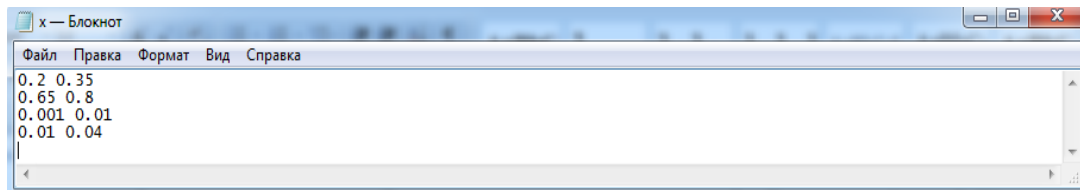


Рис. 2. Файл х.txt для вводу обмежень на змінні задачі

Після натиснення кнопки «Обчислити» у відповідних полях з'являться оптимальні значення змінних задачі (рис. 3).

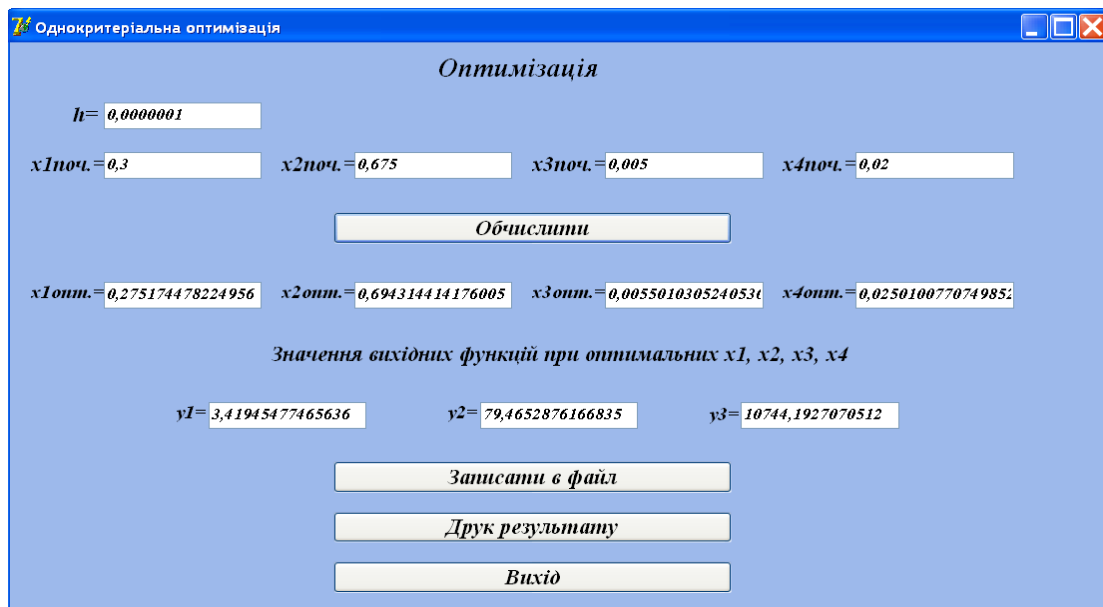


Рис. 3. Форма «Однокритеріальна оптимізація» - результати обчислення

Висновки. Таким чином, здійснено багатокритеріальну оптимізацію чотирикомпонентної полімерної сумішевої системи. Для цього:

1. Зведено багатокритеріальну задачу до однокритеріальної за методом лінійної згортки [6].
2. Перетворено задачу умовної оптимізації в задачу безумовної оптимізації за методом штрафних функцій.
3. Знайдено оптимальні значення параметрів задачі за градієнтним методом із дробленням кроку.

Отже, із застосуванням методів штрафних функцій та градієнтного, знайдено оптимальний склад чотирикомпонентної полімерної суміші, що дасть можливість отримувати ультра тонкі модифіковані нановолокна з покращеними властивостями.

Список використаної літератури

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. Цебренько М.В. Ультратонкие синтетические волокна. - М.: Химия, 1991. - 214с.
3. Зедгенидзе 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. V. Rezanova, V. Shchotkina, M. Tsebrenko Planning the experiment and optimization of the content of nanoaddition in polypropylene monothreads / К.: Вісник КНУТД. – 2014. – № 2. – С. 42-47.
6. Резанова В.Г. Дослідження властивостей чотирикомпонентних систем методом математичного моделювання / К.: Вісник КНУТД. – 2014. – № 3. – С. 113-120.
7. Резанова В.Г. Перетворення задачі оптимізації при дослідженні чотирикомпонентних сумішей полімерів / К.: Вісник КНУТД. – 2016. – №2. – С. –40-47.
8. Васильев Ф. П. Методы оптимизации – М.: Факториал Пресс, 2002. – 415 с.
9. 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.
10. Федунец Н.И., Черников Ю.Г. Методы оптимизации. – М.: Горное образование, 2009. – 375 с.
11. 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.
12. Культин Н. Основы программирования в Delphi 7. С-Пб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ШТРАФНЫХ ФУНКЦИЙ

РЕЗАНОВА В.Г.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Решение задачи оптимизации состава четырехкомпонентных смесей полимеров. Преобразование задачи условной оптимизации к задаче безусловной оптимизации и дальнейшее ее решения. Создание специального программного обеспечения.

Методика. Преобразование задачи условной оптимизации к задаче безусловной оптимизации осуществляется методом штрафных функций. Решение полученной задачи проводилось градиентным методом с дроблением шага. Программное обеспечение разрабатывалось на языке Object Pascal в среде Delphi.

Результаты. Разработаны математическое и программное обеспечение для решения задачи оптимизации состава четырехкомпонентных смесей полимеров при реализации специфического волокнообразования.

Научная новизна. Разработано математическое и программное обеспечение позволяет решать задачи оптимизации состава четырехкомпонентных смесей полимеров с помощью метода штрафных функций и градиентного метода с дроблением шага. Решение задачи оптимизации является составной частью теоретического исследования специфического волокнообразования.

Практическая значимость. Применение вышеописанных методов обеспечивает нахождение оптимального состава четырехкомпонентной полимерной смеси, что позволит получать ультратонкие модифицированные нановолокна с улучшенными свойствами.

Ключевые слова: волокнообразование, условная оптимизация, безусловная оптимизация, метод штрафных функций, градиентный метод, программное обеспечение.

OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF QUATERNARY POLYMER MIXTURES USING PENALTY FUNCTION METHOD

REZANOVA V.G.

Kiev National University of Technology and Design

Purpose - the solution of the problem of optimizing the composition of the four-component polymer mixtures. Transformation a constrained optimization problem to the unconstrained optimization problem and its further solution. Creation of a special software.

Methods. Transformation of the constrained optimization problem to the problem of unconstrained optimization was carried out by the penalty function. The solution of obtained problem was carried out by the gradient method with crushing step. The software was developed with Object Pascal language in Delphi environment.

Results. The mathematical and program software to solve the problem of optimizing the composition of quaternary polymer mixtures in the implementation of specific fiber-formation was carried out.

Scientific novelty. Developed mathematical and software can be used to solve the problem of optimizing the composition of quaternary mixtures of polymers using penalty function method and the gradient method with a crushing step. Solution of the optimization problem is an integral part of the theoretical study of specific fiber-formation.

Practical significance. Application of the methods described above ensures finding the optimum composition of a four-component polymer blend, which allows to receive the modified ultrathin nanofibers with improved properties.

Keywords: fiberformation, constrained optimization, unconstrained optimization, penalty function method, gradient method, the software.

УДК 677.055.548.24

БЕРЕЗІН Л. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРАХУНОК ПОДАТЛИВОЇ ГРАНІ КЛИНУ ЗА КРИТЕРІЯМИ ЖОРСТКОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ

Мета. Розв'язування завдання прикладного проектування заданого рівня прогину, довговічності і надійності податливої грані клину за критеріями жорсткості та втомленісної міцності.

Методика. Використання динамічного дослідження взаємодії стрижневих елементів з клинами з урахуванням їх пружно-інерційних характеристик та положень розрахунків конструкцій на жорсткість та втомленісну міцність в детермінованій та ймовірнісній постановках.

Результати. Одержані теоретичні положення для математичного обґрунтування вибору раціональної конструкції клину по заданій жорсткості та числу циклів навантажень податливої грані до втомленісного руйнування на етапі проектування. Доповнюється загальна методика визначення довговічності стрижневих елементів шкарпеткових автоматів з урахуванням властивостей податливої грані клину в порівнянні з традиційними їх конструкціями.

Наукова новизна. Вперше запропонований комплексний підхід до розрахунку геометричних параметрів податливої грані клину в залежності від характеристик її жорсткості та втомленісної довговічності в детермінованій та ймовірнісній постановках.

Практична значимість. Представлені теоретичні викладки та практичні рекомендації до конструювання клинів з податливою робочою гранню для проектування перспективних та удосконаленню діючих в'язальних систем шкарпеткових автоматів.

Ключові слова: податлива грань клину, жорсткість, довговічність, надійність, проектування.

Вступ. Визначальним фактором розвитку трикотажного обладнання є зростання продуктивності за рахунок інтенсифікації технологічних процесів та конструктивних ускладнень, що призводить до значних підвищень навантажень в механізмах. Особливо це стосується шкарпеткових автоматів як обладнання з традиційною реалізацією утворення петель. Для автоматів визначальною є надійність в'язальних механізмів, яка характеризується передусім втомленісним руйнуванням голок та селекторів (надалі – стрижневих елементів). Переважними напрямками підвищення їх довговічності є покращення умов ударної взаємодії з клинами в'язальної системи. Враховуючи огляд робіт за тематикою, який широко представлений в [1] та ретроспективну бібліографію за динамічним аналізом в системі голка(селектор) - клин [2], об'єктом досліджень обрано клини з податливою робочою гранню (ПРГ) та методологічний підхід до їх проектування за заданими умовами жорсткості, довговічності та надійності.

Постановка завдання. В статті розглядається традиційна конструкція клину з ПРГ, яка утворена пазом, що розміщений вздовж робочої поверхні. Визначення геометричних параметрів ПРГ клину характеризується сукупністю суперечливих цільових настанов, а саме: одночасне зниження її жорсткості в зоні удару п'яток стрижневих елементів шляхом зменшення розмірів поперечного перерізу та зростання напружень в небезпечному перерізі грані з відповідним негативним впливом на довговічність та надійність. Тому в якості характеристичного критерію вибираємо обмежену, попередньо задану довговічність ПРГ в

циклах навантаження до її втомленісного руйнування, що дозволить опанувати комплексний розрахунок конструкцій на втомленісну довговічність та жорсткість.

Результати досліджень. Представляємо розрахункову схему клину з ПРГ як балку з жорстко защемленими кінцями. Маємо плоску систему паралельних сил, яка є двічі статично невизначеною за рахунок реактивних моментів в защемленнях. Використовуючи загальний метод розкриття статичної невизначеності та класичні підходи з опору матеріалів, отримуємо наступні залежності:

$$\text{- прогин балки} \quad \delta = -\frac{2}{3} \frac{F}{EJ_z} \frac{x^2(l-x)^3}{(3(l-x)+x)^2}; \quad (1)$$

$$\text{- згинаючого моменту в небезпечному перерізі при умові, що } x < (l-x)$$

$$M_z = F \cdot x \frac{(l-x)^2}{l^2} \text{ або } M_z = F \cdot x \left(1 - \frac{x}{l}\right)^2, \quad (2)$$

де F – сила ударної взаємодії п'яток стрижневих елементів з поверхнею клину; x – відстань від лівого защемлення до точки прикладання сили до балки; E – модуль пружності матеріалу ПРГ клину; $J_z = bh^3/12$ – осьовий момент інерції площі перерізу балки із сталими висотою h та шириною b ; l – робоча довжина балки.

Графіки прогинів балки $\delta(x/l)$ та згинаючих моментів $M_z(x/l)$ в залежності від положення точки прикладання сили до балки, які отримали за формулами (1) та (2), представлені на рисунку. Встановлено, що при $x = l/3$ маємо екстремум згинаючого моменту M_z , який змінюється за параболою, із значенням $M_{z_{max}} = 4F \cdot l / 27 = 0,148Fl$.

Враховуючи графічні залежності за рис. та необхідність надання п'яткам стрижневих елементів певного робочого ходу вздовж клину для їх опускання та підйому, раціонально прийняти значення x в межах $\{0,225...0,25\}l$. Для унеможливлення порушення процесу утворення петель за відносним відхиленням їх довжин необхідно, щоб прогин ПРГ клину в точці удару задовольняв умові:

$$|\delta_y| \leq 0,2 \text{ мм}. \quad (3)$$

Тому проектний розрахунок по визначенню геометричних параметрів ПРГ виконуємо за умовою пружності $\delta(x, b, h) \leq |\delta_y|$, використовуючи залежність (1) та обмеження (3).

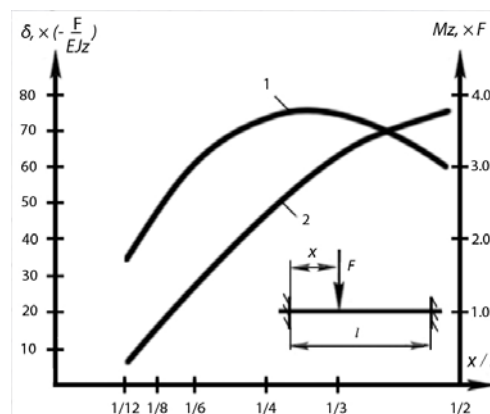


Рис.1. l - довжина робочої грані клину; x - координата прикладання сили F ; EJ_z - жорсткість перерізу щодо згину; 1- графік прогинів балки $\delta(x/l)$; 2- графік згинаючих моментів $M_z(x/l)$

З конструктивних міркувань попередньо задаємо робочу довжину l і ширину b ПРГ та відстань $x = 0,25l$. Звідки висота балки

$$h \geq 0,439 \sqrt{\frac{F}{Eb[\delta_y]}} l. \quad (4)$$

Величину ударних навантажень при взаємодії п'яток стрижневих елементів з ПРГ доцільно визначати за формулою виду [3]:

$$F = 12,55 - 5,164V_x - 0,460\alpha + 4,984 \cdot 10^3 m + 20,829K_c + 0,149F_o - \\ - 1,142 \cdot 10^{-4} C_{np} + 4,395 \cdot 10^{-3} \alpha^2 + 53,288K_c^2 + 0,055F_o^2 + 0,182V_x \cdot \alpha + \\ + 6,892 \cdot 10^{-5} V_x \cdot C_{np} + 2,521 \cdot 10^{-6} \alpha \cdot C_{np} - 2,119K_c \cdot F_o, \quad (5)$$

де m , C_{np} – маса та приведена жорсткість стрижневого елементу при взаємодії з клином; α – кут нахилу поверхні клину; V_x – колова швидкість п'ятки стрижневого елементу; K_c – коефіцієнт, який враховує деформацію згину стрижня в момент удару; F_o – сила опору руху в пазу циліндру.

Перевірний розрахунок на втомленісну міцність ПРГ необхідно виконувати за обмеженою, попередньо заданою довговічністю N в циклах навантаження до її втомленісного руйнування. Використовуємо співвідношення між розрахунковим напруженням σ_a в небезпечному перерізі та граничним напруженням ПРГ за критерієм втомленісної міцності σ_{-1DN} при заданому числі циклів навантаження N , перевищення якого викликає руйнування.

Розрахункове напруження $\sigma_a = M_z / W_z$ визначаємо з урахуванням осьового моменту опору $W_z = bh^2 / 6$ при заданій ширині b і обрахованій за (4) висоті h та $M_z = F \cdot 0,25l \cdot \left(1 - \frac{0,25l}{l}\right)^2 = 0,141F \cdot l$ при $x = 0,25l$. Граничну амплітуду напружень σ_{-1DN} ПРГ отримуємо з рівняння кривої втомленості деталі [4]:

$$\sigma_{-1DN} = \sigma_{-1D} \sqrt[m]{N_G / N}, \quad (6)$$

де σ_{-1D} – границя втомленості ПРГ на згин при симетричному циклі навантаження; N_G – абсциса точки перегину кривої втомленості; m – параметр, який характеризує нахил ділянки кривої втомленості. Значення показника m наближено вибирають за кореляційною формулою [4]:

$$m = C / K, \quad (7)$$

де $C = 5 + \sigma_B / 80$ – коефіцієнт в залежності від границі міцності матеріалу σ_B ; K – сумарний коефіцієнт, який враховує вплив конструктивних, технологічних і експлуатаційних факторів на опір втомленості деталі (в [4] рекомендовано вибирати $K = 2,4$).

Границю втомленості деталі σ_{-1D} звичайно визначають експериментально або за типовою методикою розрахунку $\sigma_{-1D} = \sigma_{-1} / K$. Значення границі втомленості σ_{-1} вибирають для матеріалів ПРГ клину – сталей ШХ15 ГОСТ 801-78 або Х12Ф1 (для прокату смуг ГОСТ 4405-75).

Якщо для ПРГ клину неможливо забезпечити великий запас міцності, то перевірний розрахунок необхідно виконувати в ймовірнісній постановці [5]. При такому підході напруження σ_a та σ_{-1D} розглядають як незалежні випадкові величини, що розподілені за нормальним законом. Кількісно їх задають середніми значеннями $\bar{\sigma}_a$ і $\bar{\sigma}_{-1D}$, середнє квадратичними відхиленнями S_a і S_{-1D} або відповідними коефіцієнтами варіації ν_a і ν_{-1D} . В розрахунках деталей серійного обладнання [5] приймають $\nu_a = 0,15$, який домінує відносно ν_{-1D} . При відсутності даних втомленісних випробувань деталі коефіцієнт варіації границі втомленості допускається розраховувати за формулою [5]:

$$\nu_{-1D} = \sqrt{\nu_1^2 + \nu_2^2 + \nu_3^2}, \quad (8)$$

де ν_1 - коефіцієнт варіації границі втомленості деталі з матеріалу однієї плавки при відсутності розсіювання її розмірів, звичайно $\nu_1 = 0,04 \dots 0,1$; ν_2 - коефіцієнт варіації границі міцності матеріалу; наближено $\nu_2 \approx 0,08$; $\nu_3 = (0,3 \dots 0,45)\nu_\rho$ - коефіцієнт варіації теоретичного коефіцієнта концентрації напружень, яким враховується розсіювання геометричних розмірів і шорсткості поверхні; $\nu_\rho = 0,03 \dots 0,1$ - коефіцієнт варіації фактору, який створює концентратор напруження.

Ймовірність безвідмовної роботи P за критерієм втомленісної міцності визначаємо як ймовірність того, що розрахункові напруження σ_a не перевищують граничні σ_{-1DN} , тобто $Вер(\sigma_a < \sigma_{-1DN})$. Числове значення P встановлюємо за таблицею нормального розподілу в залежності від квантилю:

$$u_p = -\frac{\bar{\sigma}_{-1DN} - \bar{\sigma}_a}{\sqrt{S_{-1D}^2 + S_a^2}} = -\frac{\bar{n} - 1}{\sqrt{\bar{n}^2 \nu_{-1D}^2 + \nu_a^2}}, \quad (9)$$

де $\bar{n} = \bar{\sigma}_{-1DN} / \sigma_a$ - коефіцієнт запасу міцності за середніми нормальними напруженнями.

Висновки. Запропоновано сукупність теоретичних та практичних положень, які на етапі проектування розширюють можливості математичного обґрунтування вибору раціональної конструкції клинів з податливою робочою гранню за заданими параметрами жорсткості та числу циклів навантажень грані до втомленісного руйнування та доповнюють загальну методику визначення довговічності стрижневих елементів шкарпеткових автоматів з урахуванням властивостей податливої грані клину в порівнянні з традиційними їх конструкціями. В наведеному розрахунку враховується ударна дія на ПРГ п'ятки одного стрижневого елементу. В подальшому доцільно оцінити вплив на міцність грані одночасної дії інших елементів, що рухаються по клину в усталеному режимі, тобто розрахункову схему ПРГ доповнити рівномірним розподіленням навантажень.

Список використаної літератури

1. Піпа Б.Ф., Плешко С.А. Удосконалення робочих органів механізмів вязання кругловязальних машин: Монографія. – К.: КНУТД, 2012. – 471 с.

2. Оцінка довговічності та надійності вязальних механізмів панчішно-шкарпеткових автоматів: Монографія / Л.М.Березін. – К.: КНУТД, 2013. – 191 с.
3. Березін Л.Н. Анализ влияния динамических нагрузок на долговечность вязальных игл чулочно-носочных автоматов //Вестник витебского государственного технологического университета, 2015, выпуск 29, С.7-12
4. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчеты деталей и конструкций на прочность и долговечность: Справочник – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
5. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин. – М.: Высш. шк., 1988. – 238 с.

РАСЧЕТ ПОДАТЛИВОЙ ГРАНИ КЛИНА ПО КРИТЕРИЯМ ЖЕСТКОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Киевский национальный университет технологий и дизайна

БЕРЕЗИН Л.Н.

Цель. Решение задачи прикладного проектирования заданного уровня прогиба, долговечности и надежности податливой грани клина по критериям жесткости и усталостной прочности.

Методика. Использование динамического исследования взаимодействия стержневых элементов с клиньями с учетом их упруго-инерционных характеристик и положений расчетов конструкций на жесткость и усталостную прочность в детерминированной и вероятностной постановках.

Результаты Получены теоретические положения для математического обоснования выбора рациональной конструкции клина по заданной жесткости и числу циклов нагрузок грани до усталостного разрушения на этапе проектирования. Уточняется общая методика определения долговечности стержневых элементов носочных автоматов с учетом свойств податливой грани клина в сравнении с традиционными их конструкциями.

Научная новизна. Впервые предложен комплексный подход к расчету геометрических параметров податливой грани клина в зависимости от характеристик ее жесткости и усталостной долговечности в детерминированной и вероятностной постановках.

Практическая значимость. Представлены теоретические выкладки, методические рекомендации и практические подходы к конструированию клиньев с податливой рабочей гранью для проектирования перспективных и усовершенствованию действующих вязальных систем носочных автоматов.

Ключевые слова: податливая грань клина, жесткость, долговечность, надежность, проектирование

CALCULATION OF THE FLEXIBILITY PLATE OF THE CAM ACCORDING TO THE CRITERIAS OF RIGIDITY AND LONGEVITY

Kiev National University of Technologies & Design

BEREZIN L.

Purpose. Development of the application task decision for provide on the design stage of preset levels of the flexure, longevity and reliability of the flexible plate of the cam according to the criterions of rigidity and fatigue strength.

Methodology. Were used dynamic research of impact between rod elements and cams in view of their elastic-inertial characteristics and calculation provisions of designs by rigidity and fatigue strength in the traditional (deterministic) or probabilistic staging.

Findings. Are obtained a theoretical provision for mathematical substantiation to select of rational design cams with flexible plate with given parameters of rigidity and number of cycles of loading to fatigue failure on the design phase. Clarifies the overall method of determining the longevity of rod elements of hosiery automats taking into account the characteristic of the flexible plate cam compared with traditional designs.

Originality. Is offered a comprehensive approach to the calculation of the geometric parameters of a flexible plate of the cams with considering the characteristics of rigidity and fatigue longevity of cam plate in a deterministic and probabilistic staging.

Practical value. Are listed theoretical computations, methodical approaches and practical recommendations to the design cams with flexibility plate, which contribute to the design perspective and improvement of existing knitting systems of hosiery machines.

Keywords: *Cam, flexibility plate, rigidity, longevity, reliability, design*

УДК 539.3:624.046.3

БЕКШАЕВ С.Я.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

КАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ

Цель. *Определить условия, которым должны удовлетворять положения внутренней шарнирной опоры двухпролетного сжатого стержня, при которых его критическая сила достигает максимума.*

Методика. *Используются известные теоремы теории устойчивости упругих систем, касающиеся качественных оценок характеристик сжатых стержневых систем и влияния некоторых их изменений, в частности наложения связей, на эти характеристики.*

Результаты. *Определены условия, которым удовлетворяют положения внутренней опоры, обеспечивающие максимальное повышение критической силы при распространенных типах условий опирания. Найдены аналитические соотношения, которые существенно упрощают практическое разыскание этих положений, а также соответствующих критических сил и форм потери устойчивости.*

Научная новизна. *Установлены качественные и количественные признаки оптимальных положений внутренней опоры, которые обеспечивают максимальное повышение критической силы. В частности установлено, что при определенных условиях потеря устойчивости оптимально усиленного стержня происходит по особой полуизогнутой форме.*

Практическая значимость. *Результаты работы могут быть использованы при разработке эффективных методов расчета прогрессивных инженерных сооружений.*

Ключевые слова: *устойчивость, сжатый стержень, оптимизация, полуизогнутая форма.*

Введение. Целью расчетов, выполняемых при проектировании инженерного сооружения, является определение точных значений параметров, определяющих его эксплуатационные характеристики. В связи с этим значительные усилия направляются на разработку универсальных алгоритмов и соответствующего программного обеспечения, позволяющих определить эти значения по исходным данным проекта. В последние годы достигнуты значительные успехи в области создания таких методов для механических расчетов, основанных на использовании идей МКЭ. Но, даже получив точные результаты расчетов, проектировщику не всегда удается выявить влияние на них тех или иных факторов, проследить тенденции и сделать обоснованные прогнозы поведения проектируемого сооружения при изменении исходных данных.

Недостаток численных подходов, даже дающих очень точные результаты, в том, что эти результаты всегда конкретны и поэтому недостаточно информативны.

В то же время, не решая точно всех уравнений задачи, можно, опираясь на результаты теоретического анализа, установить некоторые свойства их решений, важные в практическом отношении и дающие проектировщику надежные ориентиры для принятия обоснованных решений. Не давая точных численных результатов, такого рода *качественные* результаты точны в другом смысле. Они представляют собой строгие выводы из соотношений, определяющих эти точные результаты, содержащих их в себе в качестве неизвестных. Другими словами, они являются строго доказанными теоремами, справедливость которых адекватна достоверности предположений, лежащих в основе принятой модели

проектируемого объекта.

Постановка задачи. Работа посвящена задаче определения оптимальных положений промежуточной шарнирной опоры, максимально повышающей критическую силу (далее – KpC) двухпролетного стержня, сжатого постоянной по длине продольной силой, изображенного на рис. 1 (c – коэффициент жесткости правой опоры L).

Устанавливаются качественные признаки искомых положений, позволяющие существенно упростить определение этих положений, а также отвечающих им KpC и форм потери устойчивости (далее – форм). Работа является обобщающим продолжением

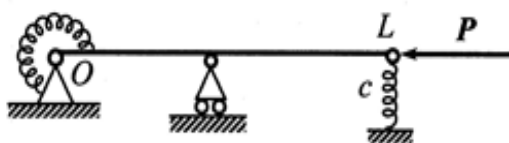


Рис. 1. Оптимизируемый стержень

исследования [1], в котором рассматривался стержень, шарнирно опертый по концам. Введение упругого либо жесткого защемления на опоре O не позволяет применить все приемы рассуждений, использованные в [1], и требует их развития и обобщения, которые рассмотрены ниже.

Результаты исследования. При решении задачи используются установленные в теории устойчивости упругих систем следующие качественные результаты [2, гл. V].

1. KpC упругой системы, усиленной введением одной жесткой либо упругой связи, не могут уменьшиться или стать больше следующей по номеру в спектре KpC системы до усиления.

Отсюда следует, что если кратность KpC (число линейно независимых форм, отвечающих KpC) больше единицы, то она останется в спектре системы, усиленной одной связью.

2. KpC остается в спектре усиленной связью системы, если связь наложена в обобщенном узле соответствующей формы, т.е. связь не мешает ее осуществлению при той же сжимающей силе. При этом работа ее реакции на этой форме равна нулю и говорят, что реакция ортогональна к форме.

Отсюда следует, что основная (наименьшая по модулю) KpC не повышается после усиления, если связь наложена в обобщенном узле основной формы.

3. Кратность KpC не уменьшается в результате наложения связи тогда и только тогда, когда связь наложена в обобщенных узлах каждой из соответствующих форм.

Отсюда следует, что кратность основной KpC не изменяется в результате наложения связи тогда и только тогда, когда связь наложена в обобщенных узлах каждой из соответствующих форм.

4. KpC в результате усиления может достичь максимума, равного ближайшей старшей по модулю KpC в спектре системы до усиления, только тогда, когда связь наложена в обобщенном узле каждой формы, отвечающей этой старшей KpC .

Далее рассматриваются прямолинейные стержни, сжатые постоянной по длине продольной силой.

5. Осцилляционная теорема. Если однопролетный стержень шарнирно оперт по концам на жесткие опоры, то все его КрС простые (имеют кратность, равную 1), а соответствующие им формы имеют внутренние узлы (точки с нулевым прогибом) в количестве, на единицу меньшем номера КрС в спектре.

6. Свойство монотонности КрС (может быть получено как следствие 1) [3, гл. VI]. Если однопролетный стержень, шарнирно опертый концами на жесткие опоры, укоротить, удалив какую-либо часть с одной из сторон, и образовавшийся свободный конец опереть на прежнюю опору, все его КрС увеличатся.

Свойство монотонности заслуживает особого внимания, поскольку его обобщение на другие условия опирания, вообще говоря, не справедливо.

В частности, если стержень, рассмотренный в п.6, дополнительно жестко или упруго защемить на одном из концов (как на рис. 1), а укорочение производить с противоположной стороны, при некоторых законах изменения изгибной жесткости по длине стержня может происходить не увеличение, а уменьшение его КрС, в чем можно убедиться на следующем примере (рис. 2).

Пример. Стержень, образованный из двух абсолютно жестких прямолинейных



Рис. 2. Иллюстрация к примеру

участков длиной a и b , шарнирно соединенных между собой, установлен концами на жесткие шарниры. На левой опоре и в промежуточном шарнире введены внешнее и внутреннее упругие защемления с коэффициентами жесткости α и β соответственно. Как показывает несложный расчет, его единственная КрС равна

$$P = \frac{1}{a} \left(\alpha \frac{r}{r+1} + \beta \frac{r+1}{r} \right),$$

где $r = b/a$. Если зафиксировать a , ее минимальное значение, равное $P_{\min} = (2/a) \sqrt{\alpha\beta}$, достигается при $r_{\min} = 1/(\sqrt{\alpha/\beta} - 1)$. Таким образом, при $r < r_{\min}$ P монотонно убывает с ростом r (обусловленным удлинением всего стержня за счет роста b), а при $r > r_{\min}$ – монотонно возрастает. Рассмотренный стержень можно рассматривать как предельный случай упругого стержня с относительно длинными участками высокой изгибной жесткости, разделенными коротким тонким участком с низкой жесткостью. Этот пример показывает, что при подобных особенностях распределения по длине изгибной жесткости свойство монотонности п.6 после установки защемления не выполняется.

Если коэффициент жесткости упругой заделки не превосходит некоторой границы (в рассмотренном примере, если $\alpha < \beta$), утверждение п.6 остается справедливым. При

произвольной жесткости заделки это утверждение требует отдельной проверки.

7. Во многих случаях полезными могут оказаться достаточные условия, устанавливаемые в следующей теореме.

Обозначим через ℓ длину стержня x – расстояние от опоры O . $EI(x)$ – изгибная жесткость, α – коэффициент жесткости упругого защемления на опоре O .

Теорема 1. Если изгибная жесткость $EI(x)$ стержня, опертого по концам на жесткие шарнирные опоры и защемленного на одной из них, при всех x и $r > 1$ удовлетворяет условию

$$EI(rx) \leq r^2 EI(x), \quad (1)$$

все его КрС монотонно возрастают при его укорочении со стороны свободного опирания.

Воспользуемся дифференциальным уравнением устойчивости, выраженным через изгибающие моменты $m(x)$ [4, гл. IX]

$$EI \cdot m'' + Pm = 0 \quad (2)$$

Граничные условия, соответствующие условиям опирания, имеют вид

$$m(\ell) = 0, \quad m'(0) = -(P/\alpha + 1/\ell) \cdot m(0) \quad (3)$$

Перейдем к безразмерной координате $\xi = x/\ell$ и введем новые функции

$$\mu(\xi) = m(\ell\xi), \quad b(\xi) = (1/\ell^2) EI(\ell\xi).$$

В новых переменных дифференциальное уравнение (2) и граничные условия (3) примут вид

$$b \cdot \mu'' + P\mu = 0, \quad (5)$$

$$\mu(1) = 0, \quad \mu'(0) = -(P\ell/\alpha + 1) \cdot \mu(0). \quad (6)$$

Для укороченного стержня $\ell_1 < \ell$, и в силу условия (1), если принять в нем $x = \ell_1 \xi$, $r = \ell/\ell_1 \Rightarrow \ell\xi = (\ell/\ell_1) \ell_1 \xi = rx$, выполняется неравенство $EI(\ell\xi) \leq (\ell/\ell_1)^2 EI(\ell_1 \xi)$, откуда

$$b_1(\xi) = (1/\ell_1^2) EI(\ell_1 \xi) \geq (1/\ell^2) EI(\ell\xi) = b(\xi).$$

Уравнения (5, 6) для укороченного стержня примут вид

$$b_1 \cdot \mu_1'' + P_1 \mu_1 = 0, \quad (7)$$

$$\mu_1(1) = 0, \quad \mu_1'(0) = -(P_1 \ell_1/\alpha + 1) \cdot \mu_1(0). \quad (8)$$

Последнему равенству можно придать вид

$$\mu_1'(0) = -(P_1 \ell/\alpha_1 + 1) \cdot \mu_1(0), \quad (9)$$

где $\alpha_1 = \alpha(\ell/\ell_1) > \alpha$. Сопоставляя системы (5, 6) и (7, 8), с учетом (9) отмечаем, что вторая из них описывает задачу потери устойчивости более жесткого ($b_1 \geq b$) стержня единичной длины с более жестким ($\alpha_1 > \alpha$) защемлением, т.е. системы, усиленной дополнительными упругими внутренними и внешними связями, откуда следует утверждение теоремы.

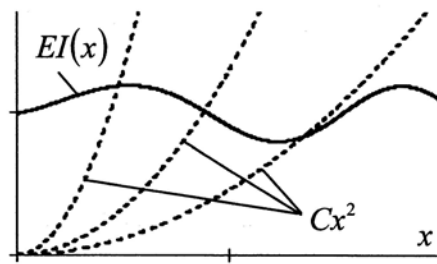


Рис. 3. Иллюстрация к замечанию 1

Замечание 1. Геометрический смысл условия (1) состоит в том, что график функции $EI(x)$ пересекается любой из семейства парабол Cx^2 ровно один раз, причем так, что кривая $EI(x)$ в любой точке не должна расти быстрее, чем проходящая через эту точку парабола (см. рис. 3).

Замечание 2. Условие (1) в случае дифференцируемости $EI(x)$ эквивалентно дифференциальному условию

$$EI'(x) \leq 2EI(x)/x, \quad (1')$$

ограничивающему скорость роста изгибной жесткости.

Теорема 1 устанавливает свойство монотонности для широкого класса распределений изгибной жесткости, включающего все случаи убывания или постоянства $EI(x)$, а также не слишком резкого роста (не опережающего параболу).

Теорема 2. Укорочение стержня, рассмотренного в теореме 1, со стороны защемления при любом α повышает все КрС независимо от распределения изгибной жесткости.

Пусть P – КрС стержня OL , защемленного в сечении O , опертю на жесткий шарнир, а M – первая слева точка соответствующей формы, в которой изгибающий момент равен нулю, $m(M) = 0$. Участок ML стержня можно рассматривать как шарнирно опертый по концам стержень, сжатый продольной силой P , действующей вдоль наклонной линии действия (пунктирная прямая ML на рис. 4). Приняв эту линию в качестве координатной оси x , дифференциальное уравнение формы можно записать в виде

$$EIy'' + Py = 0, \quad (10)$$

где y – смещение точки стержня относительно оси x , удовлетворяющее граничным условиям

$$y(M) = y(L) = 0. \quad (11)$$

Предположим, что удаление участка OO_1 и перемещение опоры вместе с защемлением в сечение O_1 не увеличивает КрС, т.е. КрС укороченного стержня O_1L не стала больше P . Увеличив жесткость защемления, сделаем КрС O_1L равной прежнему значению P . Тогда участок ML в составе стержня O_1L также удовлетворяет соотношениям (10, 11). Формы стержней OL и O_1L определяются с точностью до постоянного множителя. Подберем эти множители так, чтобы при потере устойчивости обоих стержней OL и O_1L на

опоре L возникали одинаковые реакции.

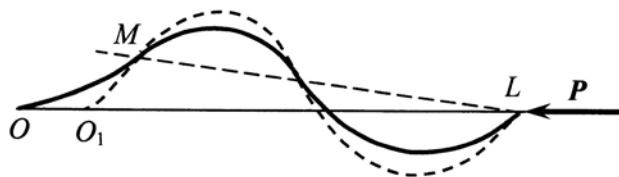


Рис. 4. К доказательству теоремы 2

Тогда при наложении форм (рис. 4) точки M и L нулевых моментов совпадут, что позволяет для описания форм $y(x)$ и $y_1(x)$ участка ML в составе стержней OL и O_1L использовать одну и ту же наклонную ось x . Это значит, что $y(x)$ и $y_1(x)$ являются различными решениями задачи (10, 11), откуда следует, что $y_1(x) = Cy(x)$. Как видно из рис. 4, кривая $y_1(x)$ (пунктир) должна «охватывать» $y(x)$, чтобы точка O_1 была правее O . Отсюда $C > 1$, и при любом x производная $|y_1'(x)| > |y'(x)|$, т.е. угол наклона пунктирной формы относительно ML , а следовательно и относительно OL , больше, чем сплошной в том же сечении. В то же время на участке OM формы $y(x)$, обращенном вогнутостью вверх, эти углы во всех сечениях больше, чем в O , а в сечении O_1 формы $y_1(x)$ – меньше (за счет меньшего плеча $|O_1L| < |OL|$ реакции правой опоры и большей жесткости защемления). Противоречие доказывает теорему.

8. Если усилить сжатый стержень промежуточной шарнирной жесткой или упругой опорой, его КрС будут функциями положения этой опоры, которое можно определить координатой s , равной расстоянию опоры от левого конца стержня. Тогда, как установлено в [5, 6], если КрС P простая, справедливо соотношение

$$\partial P / \partial s = R \cdot y'(s), \quad (12)$$

где R – реакция перемещаемой опоры, $y'(s)$ – угол наклона сечения стержня на опоре, удовлетворяющие условию нормировки $\int_0^l (y')^2 dx = 2$. R положительно при действии реакции вверх, $y'(s)$ положительно при повороте сечения по часовой стрелке.

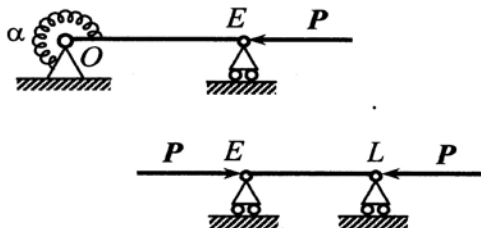


Рис. 5. Равноустойчивые участки

Опираясь на сформулированные результаты, решение задачи об оптимальном расположении внутренней опоры стержня на рис.1 можно получить следующим образом.

КрС усиленного стержня (без внутренней опоры на рис. 1) обозначим $P_1, P_2, \dots$. Рассмотрим стержень без внутренней опоры, но с абсолютно жесткой опорой на шарнирном конце L . Обозначим его КрС P_∞ . Определим в нем точку H , отсекающую стержень HL , который, будучи установлен на жесткие шарниры в точках H и L , имеет такую же КрС. Обозначим через E точку внутри стержня OL , которая делит его на два равноустойчивых участка при условии, что в этой точке сделан разрез и установлены жесткие шарниры в точках E и L . Это значит, что стержни OE и EL , изображенные на рис. 5, имеют равные КрС, которые обозначим P_E . При выполнении свойства монотонности (п.6) такая точка единственная. Можно доказать справедливость неравенств $P_\infty < P_E$, $|HL| > |EL|$. Введем также обозначения

$$c_{\text{Iкр}} = P_\infty / |HL|, \quad c_{\text{IIкр}} = P_E / |EL|, \quad c_{\text{Iкр}} < c_{\text{IIкр}}. \quad (13)$$

Следующие теоремы, которые сформулируем без доказательства, служат обобщением соответствующих выводов [1] и содержат качественное решение поставленной задачи оптимизации.

Теорема 3. При $c < c_{\text{Iкр}}$ максимум КрС достигается при положении опоры в точке L свободного опирания и равен P_∞ .

Теорема 4. При $c_{\text{Iкр}} < c < c_{\text{IIкр}}$ максимум КрС достигается при положении опоры в точке B , определяемой из условия равенства КрС однопролетного стержня BL , шарнирно опертого на жесткие опоры, величине $c \cdot |BL|$ и равен этой КрС, $P_{\text{max}} = c \cdot |BL|$. При этом $|EL| < |BL| < |HL|$ и $P_\infty < P_{\text{max}} < P_2$.

Этой КрС отвечает полуизогнутая форма потери устойчивости (см. рис. 6), в которой участок OB остается недеформируемым.

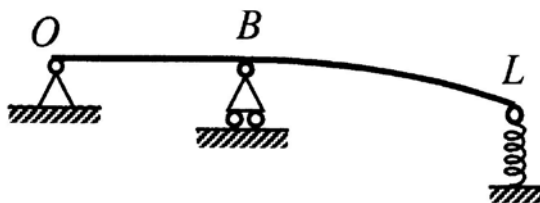


Рис. 6. Полуизогнутая форма

Теорема 5. При $c > c_{\text{IIкр}}$ максимум КрС достигается при положении опоры в узле второй формы однопролетного стержня и равен отвечающей ей КрС $P_{\text{max}} = P_2$.

Выводы. В работе определено положение промежуточной жесткой опоры, обеспечивающее максимум КрС сжатого стержня в зависимости от значения коэффициента

жесткости упругой концевой опоры. Она является этапом в исследовании класса задач оптимизации упругих конструкций, включающих сжатые элементы. Естественным продолжением исследований в этом направлении должно стать расширение условий закрепления, включающее в рассмотрение произвольную конечную жесткость крайних и промежуточных опор и произвольное число этих опор, а также большее разнообразие типов и конфигураций стержневых систем.

Список использованных источников

1. Бекшаев С.Я. Об оптимальном расположении промежуточной опоры продольно сжатого стержня. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. №60. Одеса. – 2015. – с. 400 – 406.
2. Нудельман Я.Л. Методы определения собственных частот и критических сил для стержневых систем. М.-Л., ГТТИ, 1949, 176 с.
3. Курант Р. и Гильберт Д. Методы математической физики, т.1. – М.-Л., ГТТИ, 1951, 476 с.
4. Ржаницын А.Р. Устойчивость равновесия упругих систем. – М.: ГТТИ, 1955. – 475 с.
5. Бекшаев С.Я., Кошкин Л.В., Нудельман Я.Л. К вопросу об оптимальном расположении масс и опор вибрирующего стержня. – «Судостроение и судоремонт». Вып. VII. М., Рекламинформбюро ММФ, 1976, с. 64 – 67.
6. Нудельман Я.Л., Гитерман Д.М., Бекшаев С.Я. Влияние расположения упругих опор на продольный изгиб многопролетного стержня. – «Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах Украинской ССР. Строительная механика и расчет сооружений». Вып.7. Киев, «Вища школа», 1976, с. 18.

ЯКІСНІ МЕТОДИ У ЗАДАЧАХ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ СТИСНЕНИХ СТРИЖНІВ

БЕКШАЕВ С.Я.

Одеська державна академія будівництва і архітектури

Мета. Визначити умови, яким повинні задовольняти положення внутрішньої шарнірної опори двопролітного стиснутого стержня, за яких критична сила стержня досягає максимуму.

Методика. Використовуються відомі теореми теорії стійкості пружних систем щодо якісних оцінок характеристик стиснутих стержневих систем та впливу їх деяких змін, зокрема накладання в'язей, на ці характеристики.

Результати. Визначено умови, яким повинні задовольняти положення внутрішньої опори, які забезпечують максимальне підвищення критичної сили при поширених типах умов спирання. Знайдено аналітичні співвідношення, які суттєво спрощують практичне знаходження цих положень, а також відповідних критичних сил і форм втрати стійкості.

Наукова новизна. Отримані якісні і кількісні ознаки оптимальних положень внутрішньої опори, які забезпечують максимальне підвищення критичної сили. Зокрема встановлено, що за певних умов втрата стійкості оптимально підсиленого стержня відбувається за особливою напівзигнутою формою.

Практична значимість. Результати дослідження можуть бути використані при розробці ефективних методів розрахунку прогресивних інженерних споруд.

Ключові слова: *стійкість, стиснутий стержень, оптимізація, напівзігнута форма.*

QUALITATIVE METHODS IN PROBLEMS OF INCREASE OF STABILITY OF COMPRESSED BARS

BEKSHAEV S.Y.

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Purpose. Determine the conditions which must be met by the positions of the intermediate bearing support of a two-span compressed bar, under which its critical force reaches a maximum.

Methodology. Using the known theorems of the theory of stability of elastic systems relating to qualitative estimations of the characteristics of the compressed rod systems and the effect of certain changes, in particular setting of constraints on these characteristics.

Findings. The conditions are determined which must be met by the positions of the intermediate supports, which provide the maximum increase of critical forces for some of usual types of support conditions. Analytical relations were found, which significantly simplify the practical finding of these positions and the relevant critical forces and buckling modes.

Originality. Qualitative and quantitative features were established for the optimal locations of the internal supports that provide maximum increase of the critical force. In particular it is established that under certain conditions, the loss of stability of optimally reinforced rod occurs on a special half-curved form.

Practical significance. The results of the study can be used to develop efficient methods of numerical study and design of advanced engineering structures.

Keywords: *stability, compressed bar, optimization, half-curved form.*

УДК 620.193.4:624.012.45

КОРНЕЕВА И.Б.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛАСТИН С УЧЕТОМ НАСЛЕДСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ

Цель. Определение прогибов пластин с учетом наследственной неоднородности.

Методика. Использовано соотношение модулей упругости слоев как коэффициент, с помощью которого учитывается влияние окружающей среды.

Результаты. Решена задача по определению прогибов пластин при воздействии окружающей среды.

Научная новизна. Предложена функция влияния окружающей среды, применяя которую можно вычислить цилиндрическую жесткость пластины и решить задачу об изгибе с учетом наследственной неоднородности.

Практическая значимость. Получено аналитическое решение для определения цилиндрической жесткости пластины " D^* " с учетом влияния окружающей среды при различных изменениях свойств материала. Бигармоническое уравнение изгиба записывается как для однородной изотропной плиты с заменой " D " на " D^* ". Для определения прогиба и внутренних усилий также необходимо произвести замену " D " на " D^* " в известных выражениях, что удобно для расчета.

Ключевые слова: воздействие окружающей среды, цилиндрическая жесткость, прогиб, фронт воздействия, срединная плоскость, наследственная неоднородность, переменная жесткость, дифференциальное уравнение изгиба, функция прогибов.

Введение. В реальных условиях эксплуатации материал строительных конструкций подвергается комплексному воздействию многих факторов: агрессивных сред, температуры, механических нагрузок и других энергетических воздействий, различные сочетания которых вызывают различные механизмы разрушения. Агрессивные среды, проникая в объем конструктивного элемента, приводят к значительным изменениям его кратковременных и длительных механических характеристик, вызывают изменение напряженно-деформированного состояния и приводят к значительному снижению несущей способности. Поэтому определяющим критерием пригодности материалов и конструкций для строительства становится их химическая устойчивость и долговечность [1]. Проникая в объем материала, агрессивная среда приводит к неравномерному изменению свойств материала по сечению образца, что в свою очередь приводит к перераспределению усилий между слоями, а соответственно, и к изменению напряжений в сечении [2].

Постановка задачи. Рассмотрим прямоугольную шарнирно-опертую по контуру пластинку, которая с нижней грани подвергается воздействию окружающей среды. Фронт воздействия проникает на глубину " h_b " (рис.1) равномерно по всей площади, при этом изменится цилиндрическая жесткость.

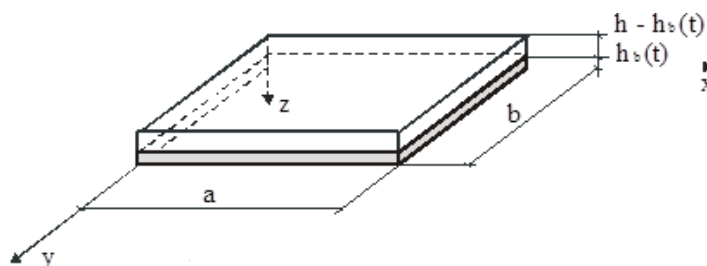


Рис. 1. Схема воздействия

В слое, который подвергается воздействию, будут меняться прочностные и

деформативных характеристики материала [3, 4]. Вследствие этого, как в одномерных задачах, произойдет смещение срединной плоскости на величину "с" относительно первоначального положения, и в дальнейшем будем называть ее нейтральной плоскостью. Задачу будем решать в предположении, что коэффициенты поперечной деформации "v" изменяются незначительно и принимаются одинаковыми для двух слоев. Определим положение нейтральной плоскости

$$c = \frac{h\mu(\alpha-1)(\mu-1)}{2(1+\mu(\alpha-1))}, \quad (1)$$

$$\text{где } \alpha = \frac{E_b}{E_e}, \quad \mu = \frac{h_b}{h}$$

При этом цилиндрическая жесткость примет вид

$$D^* = D \cdot f, \quad (2)$$

$$\text{где } D = \frac{E_e h^3}{12(1-\nu^2)},$$

$$f = 1 + \frac{12c^2}{h^2} + (\alpha-1) \left(4\mu^3 - 6\mu^2 + 3\mu - \frac{12c\mu}{h} \left(\frac{c}{h} + \mu - 1 \right) \right) \quad (3)$$

Максимальное смещение нейтральной плоскости наблюдается, когда

$$\mu = \frac{1}{1+\sqrt{\alpha}} \quad (4)$$

$$c_{\max} = -\frac{h(\sqrt{\alpha}-1)}{2(\sqrt{\alpha}+1)} \quad (5)$$

В этом случае

$$f = \frac{4\alpha}{(\sqrt{\alpha}+1)^2} \quad (6)$$

Бигармоническое уравнение изгиба записывается как для однородной изотропной плиты с заменой "D" на "D*" по (2).

Результаты исследования. Рассмотрим действие синусоидальной нагрузки

$$q = q_o \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \quad (7)$$

Прогиб от этой нагрузки в центре пластины

$$A^* = \frac{q_o a^4}{D^* \pi^4 (1+k^2)^2} \quad (8)$$

На рис.2 показан график изменения относительного прогиба в центре пластины при благоприятном ($\alpha > 1$) и агрессивном ($\alpha < 1$) воздействии.

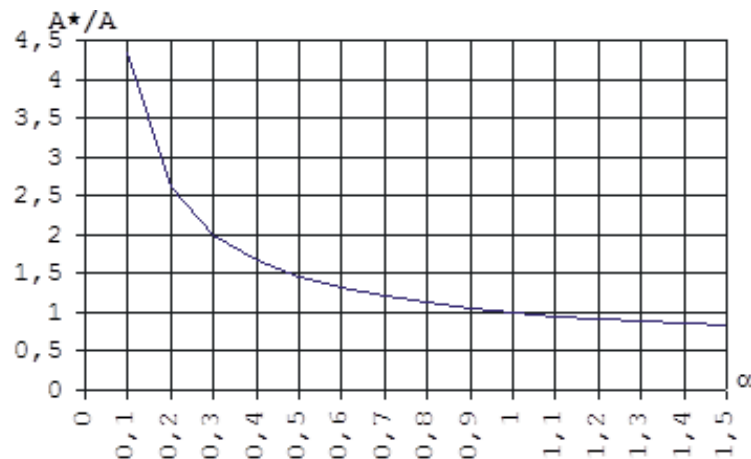


Рис. 2. Изменение относительного прогиба в центре пластинки

Такое воздействие (рис.1) не будет оказывать влияния на внутренние усилия, однако напряжения по толщине пластинки изменяются.

Рассмотрим работу прямоугольной пластины с переменной жесткостью. Расчету таких пластин посвящены работы В.З. Власова, С.П. Тимошенко, П.М. Варвака, А.И. Лурье и других. Особенно много решено задач для круглых пластин переменной толщины. В данной задаче толщина пластины постоянна, но ее жесткость изменяется в результате воздействия факторов окружающей среды (рис.3). В случае, когда жесткость меняется по ступенчатому закону, задача может быть решена методом конечного элемента. Более сложным является случай, когда жесткость меняется непрерывно по какому-либо закону, имеющему определенное аналитическое выражение.

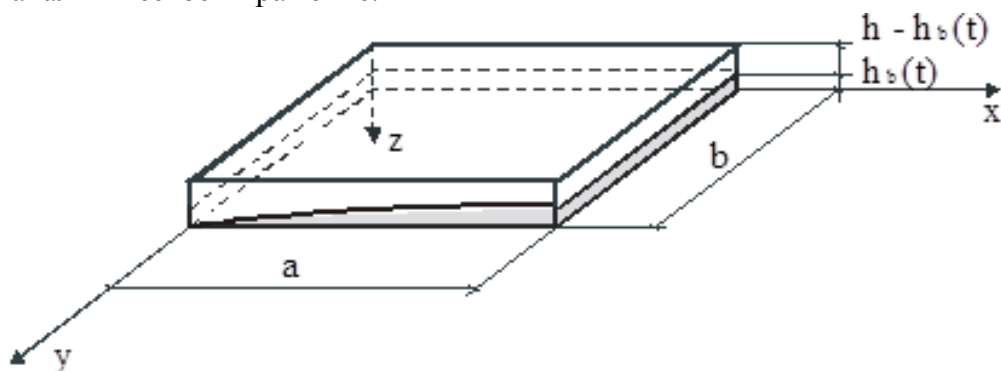


Рис. 3. Схема воздействия

Будем рассматривать случаи, когда аналитическое выражение жесткости пластины определяется уравнением

$$D^* = D \cdot \left(1 + f(\alpha, \mu) \cdot \frac{x}{a} \right), \quad (9)$$

$f(\alpha, \mu)$ – функция влияния окружающей среды

$$f = \frac{12 \cdot c^2}{h^2} + (\alpha - 1) \cdot \left(4 \cdot \mu^3 - 6 \cdot \mu^2 + 3 \cdot \mu - \frac{12 \cdot c \cdot \mu}{h} \cdot \left(\frac{c}{h} + \mu - 1 \right) \right), \quad (10)$$

h_b – глубина проникновения фронта воздействия, причем закон ее изменения соответствует линейному изменению момента инерции поперечного сечения вдоль размера "а".

В этом случае можем пользоваться известными равенствами

$$\begin{aligned} M_x &= -D^* \cdot \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ M_y &= -D^* \cdot \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \\ M_{xy} &= D^* \cdot (1 - \nu) \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{aligned} \quad (11)$$

Преобразуем дифференциальное уравнение изгиба к более удобному виду

$$\begin{aligned} D^* \Delta \Delta w + 2 \cdot \frac{\partial D^*}{\partial x} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \Delta w + 2 \cdot \frac{\partial D^*}{\partial y} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \Delta w + \Delta D^* \Delta w - \\ - (1 - \nu) \cdot \left(\frac{\partial^2 D^*}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - 2 \cdot \frac{\partial^2 D^*}{\partial x \partial y} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 D^*}{\partial y^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) = q, \end{aligned} \quad (12)$$

где $\Delta = \frac{\partial^2 \dots}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \dots}{\partial y^2}$,

w – прогиб произвольной точки срединной плоскости пластины.

В частном случае для данной задачи

$$D^* \Delta \Delta w + 2 \cdot \frac{\partial D^*}{\partial x} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \Delta w = q \quad (13)$$

Пусть пластина закреплена левым торцом и нагружена равномерно распределенной нагрузкой. Запишем в виде полинома выражение для функции прогибов исходя из предположения, что вид изогнутой поверхности при принятой функции влияния окружающей среды не будет существенно отличаться от случая, когда воздействие отсутствует.

$$w = a_4 \cdot x^4 + a_3 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0 \quad (14)$$

Для определения коэффициентов полинома запишем граничные условия

$$1) \quad x = 0: \quad w = 0; \quad 2) \quad x = 0: \quad \frac{\partial w}{\partial x} = 0; \quad 3) \quad x = a: \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0; \quad 4) \quad x = a: \quad \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0.$$

Тогда выражение функции прогибов примет вид

$$w = \frac{q \cdot x^2}{24 \cdot D \cdot \left(1 + 3 \cdot f(\alpha, \mu) \cdot \frac{x}{a} - 2 \cdot f(\alpha, \mu) \right)} \cdot (x^2 - 4 \cdot a \cdot x + 6 \cdot a^2) \quad (15)$$

Следовательно, максимальный прогиб на правом торце пластины при условии, что фронт воздействия проникает на всю глубину сечения, определяется следующим образом

$$w = \frac{q \cdot a^4}{8 \cdot D \cdot \alpha} \quad (16)$$

При отсутствии воздействия окружающей среды получаем известную формулу для определения прогибов пластины с постоянной жесткостью, что свидетельствует о том, что полученное выражение для функции прогибов является более общим решением задачи.

Выводы. В результате воздействия окружающей среды материал конструкции становится неоднородным, что влияет на физико-геометрические характеристики, а также на прогибы и внутренние усилия пластины. Эти изменения можно учесть при помощи предлагаемой функции влияния окружающей среды, которая входит в выражение

цилиндрической жесткости "D*". Бигармоническое уравнение изгиба записывается как для однородной изотропной плиты с заменой "D" на "D*". Для определения прогиба и внутренних усилий также необходимо произвести замену "D" на "D*" в известных выражениях.

Список использованной литературы

1. Розенталь Н.К. Коррозия и защита бетонных и железобетонных конструкций сооружений очистки сточных вод/ Бетон и железобетон. – 2011. - №1. – с. 96-103.
2. Кобринец В.М., Заволока Ю.В., Али Адель. Расчёт центрально сжатых бетонных стержней с учётом воздействия внешней среды. "Строительные материалы и конструкции."- Киев, 1991, вып.4.-36с.
3. Амбарцумян С. А. Разномодульная теория упругости– М.: Наука, 1982. – 317 с.
4. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластинки. – М.: Стройиздат, 1986. – С. 315.

ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПЛАСТИН ІЗ УРАХУВАННЯМ СПАДКОВОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ

КОРНЕЄВА І.Б.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Мета. Визначення прогинів пластин з урахуванням спадкової неоднорідності.

Методика. Використано співвідношення модулів пружності шарів як коефіцієнт, за допомогою якого враховується вплив навколишнього середовища.

Результати. Розв'язана задача по визначенню прогинів пластин при впливі навколишнього середовища

Наукова новизна. Запропонована функція впливу навколишнього середовища, застосовуючи яку можна обчислити циліндричну жорсткість пластини і вирішити задачу про вигині з урахуванням спадкової неоднорідності.

Практична значимість. Отримано аналітичний розв'язок для визначення циліндричної жорсткості пластини "D *" з урахуванням впливу навколишнього середовища при різних змінах властивостей матеріалу. Бігармонічне рівняння вигину записується як для однорідної ізотропної плити з заміною "D" на "D *". Для визначення прогину і внутрішніх зусиль також необхідно провести заміну "D" на "D *" в відомих виразах, що зручно для розрахунку.

Ключові слова: вплив навколишнього середовища, циліндрична жорсткість, прогин, фронт впливу, середина площина, спадкова неоднорідність, змінна жорсткість, диференціальне рівняння вигину, функція прогинів.

STRAIN STATE OF PLATES TAKING INTO ACCOUNT GENETIC INHOMOGENEITY

KORNEIEVA I.B.

Odessa State Academy of Construction and Architecture

Goal. Determination of deflections plates taking into account genetic inhomogeneity.

Methods. Used ratio of layers of elastic modulus as a factor by which the influence of the surrounding environment is taken into account.

Results. The problem to determine the deflection plates under the influence of the environment

Scientific novelty. A function of the influence of the environment, using which you can calculate the stiffness of the cylindrical plate and solve the problem of bending considering genetic inhomogeneity.

Practical significance. An analytical solution for the determination of hardness of the cylindrical plate "D *", taking into account environmental effects with various changes of the material properties. Biharmonic bending equation is written for a homogeneous isotropic plate with the replacement of "D" to "D*". To determine the deflection and internal forces also need to replace the "D" to "D *" in certain expressions, which is convenient for calculation.

Keywords: the impact of the environment, the cylindrical stiffness, bending, impact front, middle plane, genetic inhomogeneity, variable rigidity, the differential equation of bending, deflection function.

УДК 338

БАЛДУК Г.П., БАЛДУК П.Г.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ BAL-ИНДЕКСА И МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК С ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

Цель. Разработка геометрической модели и алгоритма вычисления обобщенной оценки объектов, которые обладают неоднородными свойствами.

Методика. Проводится аналогия между геометрическими системами, имеющими n точек, и объектам, имеющими n неоднородных свойств. Строится математическая модель указанных объектов на базе геометрических фигур. Сравниваются параметры идеальной и расчетной модели.

Результаты. Создан алгоритм сравнения геометрических характеристик моделей объектов, обладающих неоднородными свойствами.

Научная новизна. Получен универсальный алгоритм вычисления обобщенной сравнительной оценки для объектов, обладающих неоднородными свойствами.

Практическая значимость. Алгоритм нахождения bal-индекса используется в различных методиках сравнения и определения относительных оценок, построения рейтингов предприятий, товаров, услуг.

Ключевые слова: интегральная, сравнительная характеристика, сопоставление объектов, неоднородные свойства, геометрическая модель объекта.

Введение. В мире существуют разнообразные подходы к получению обобщенной оценки объектов, которые обладают неоднородными характеристиками (под однородными, авторы понимают характеристики, имеющие одинаковые единицы измерения). Всемирно известны такие оценки, как промышленный индекс Доу-Джонса, IQ-коэффициент интеллекта человека, Нобелевская премия, премия Оскара. В области материального производства можно привести примеры определения класса легковых автомобилей, присвоения «Знака качества» продукции в СССР. В сфере обслуживания, оценкой успешности являются «звездность» гостиниц и наличие «звезд Мишлен» у ресторанов. Для сравнения претендентов и определения лауреатов этих знаков, классов, премий используются разные методики. Одни можно считать более удачными, другие – менее удачными.

В точных науках существуют понятия, позволяющие оценивать или сравнивать системы объектов, имеющие однородные и неоднородные свойства. В статистике, например, для этих целей вычисляется целый класс степенных средних величин. В теоретической механике существует статические инварианты системы векторов. Зная эти инварианты, можно не только сравнивать системы векторов, но и делать определенные выводы о них и их свойствах (например, при равенстве нулю указанных инвариантов, материальное тело под действием системы сил находится в равновесии).

Существует целый ряд публикации и обзоров, в которых рассматривается вычисление сравнительных оценок для конкретных задач. В качестве примера можно привести публикации, посвященные оценке качества продовольственных товаров [1], технических систем [2], здоровья населения [3]. Во многих производственных отраслях для формализации оценок существуют методические рекомендации [4]. Однако рассмотренные в них алгоритмы достаточно сложны. Публикаций, в которых рассматривается алгоритм

вычисления обобщенной сравнительной оценки с помощью геометрического моделирования объектов, обладающих неоднородными свойствами, авторами не обнаружено.

Постановка задачи. Рассмотрим сопоставление геометрических объектов (систем точек). В трехмерном пространстве их простейшими математическими моделями можно считать отрезок, треугольник, четырехгранник. Для сопоставления систем, состоящих из двух точек, сравнивают одномерные характеристики систем (величины отрезков между точками). Для сопоставления систем, состоящих из трех точек, не лежащих на одной прямой, сравнивают двумерные характеристики систем (величины площадей треугольников, образованными этими точками).

Для сравнения систем, состоящих из четырех точек, не лежащих в одной плоскости, сравнивают трехмерные характеристики систем (величины объемов четырехгранников, образованных плоскостями, проведенными через эти точки).

Зависимость размерности сравнительной характеристики геометрической системы R от количества ее точек n выглядит следующим образом:

$$R = n - 1. \quad (1)$$

Рассмотренная характеристика является не единственной для указанных геометрических систем и не дает полного представления о всех их свойствах. Но ее знание позволяет сравнивать эти системы, и этого бывает достаточно при решении многих практических задач.

Проведем аналогию между геометрическими системами, имеющими n точек, и объектам, имеющими n свойств: для сопоставления объектов, имеющих n свойств, можно найти геометрическую характеристику R , имеющую $n-1$ размерность.

Результаты исследования. Авторами предлагается алгоритм вычисления, обобщенной (интегральной) характеристики, в дальнейшем называемой bal-индексом, которую можно использовать для сравнительной оценки объектов, обладающих неоднородными свойствами.

Bal-индексом (*balance* – соотношение взаимно связанных показателей какой-нибудь деятельности, процесса) будем называть отношение

$$bal(n) = \frac{R_r}{R_{cr}} \cdot m, \quad (2)$$

где: R_r - геометрическая характеристика модели изучаемого объекта;

R_{cr} - геометрическая характеристика модели эталонного объекта;

n - количество свойств, которые рассматриваются при моделировании объекта;

m - масштабный коэффициент, используемый для лучшего визуального восприятия численного значения bal-индекса (обычно принимается кратным 10).

Идеализированной моделью для этих объектов будут служить геометрические фигуры и тела, в которых все свойства имеют равнозначность, причем геометрическая модель изучаемого объекта строится на базе объекта, принятого в предложенном алгоритме за эталон.

Для сопоставления систем, имеющих неоднородные свойства, некорректно напрямую использовать характеристики R . Для этих целей используются их относительные значения.

Вычисление bal-индекса при числе характеристик равным двум. В основу излагаемого алгоритма нахождения bal-индекса, при числе характеристик 2, положено сравнение длин двух отрезков, построенных на одной прямой. Первым (эталонным) отрезком является

отрезок AB , строящийся следующим образом. Из точки O в разных направлениях откладываем единичные отрезки-лучи AO и OB . Длина отрезка AB принимается за условный эталон.

Для построения второго отрезка отложим на этой прямой из полюса O в направлениях точек A и B отрезки, по величине равные относительным значениям рассматриваемых характеристик. Соединив концы этих отрезков, в общем случае получим отрезок $A'B'$ (рис.1а). bal -индекс(2) выражается формулой (3)

$$bal(2) = \frac{l_r}{l_{cr}} \cdot m, \quad (3)$$

где: l_r - длина отрезка $A'B'$;

l_{cr} - длина эталонного отрезка AB .

В указанном случае bal -индекс по сути равен среднему арифметическому относительных значений рассматриваемых характеристик.

Вычисление bal -индекса при числе характеристик равном 3. В основу излагаемого алгоритма вычисления bal -индекса(3) положено сравнение площадей двух плоских фигур – треугольников. Первым (эталонным) треугольником является правильный треугольник ABC , вписанный в окружность единичного радиуса с центром O (рис.1б). Его площадь принимается за условный эталон. Соединим линиями каждую вершину треугольника с полюсом. Получим плоскую звезду с тремя лучами.

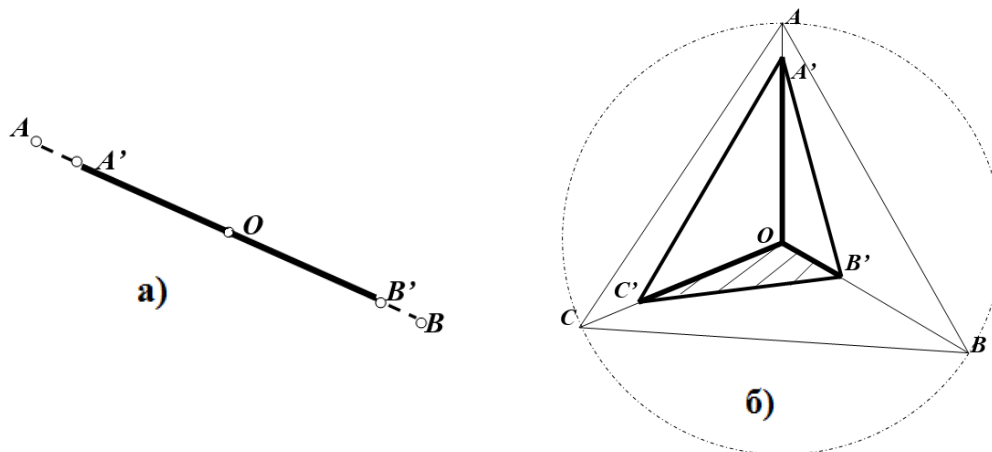


Рис.1. Геометрические модели объектов:
а) при вычислении bal -индекса (2); б) при вычислении bal -индекса (3)

Для построения второй фигуры, отложим из полюса, по направлению каждого из радиальных лучей отрезки OA' , OB' и OC' , по величине равные *относительным* значениям рассматриваемых характеристик.

Соединив концы этих отрезков, в общем случае получим три неправильных треугольника (рис.1б), или три элементарные ячейки. Выразим, например, площадь ячейки $A'OB'$ через два ее образующих радиальных луча OA' и OB' и угол при них. Площадь неправильного треугольника $A'B'C'$ определяется как сумма площадей 3-х его элементарных ячеек. Таким образом, получаем зависимости всей его площади от величины каждого радиального луча.

bal -индексом (3) является отношение

$$bal(3) = \frac{S_r}{S_{cr}} \cdot m, \quad (4)$$

где: S_r - площадь полученного неправильного треугольника $A'B'C'$;

S_{cr} - площадь правильного (эталонного) треугольника ABC .

Вычисление bal-индекса при числе характеристик больше трех.

В основу излагаемого алгоритма вычисления bal-индекса, при числе характеристик больших 3-х, положено сравнение объемов двух многогранников. Первым (эталонным) многогранником является правильный многогранник, вписанный в сферу единичного радиуса с центром в точке O . Из центра сферы по направлению к его всем вершинам проведены линии, образующие симметричную пространственную решетку звездной конфигурации. Три плоскости, проведенные через три рядом расположенные вершины и центр O , образуют элементарную ячейку в виде четырехгранника. Количество ячеек зависит от вида правильного многогранника.

В качестве примера эталонной фигуры на рис.2 изображен правильный многогранник – октаэдр, имеющий 6 вершин и 8 элементарных ячеек.

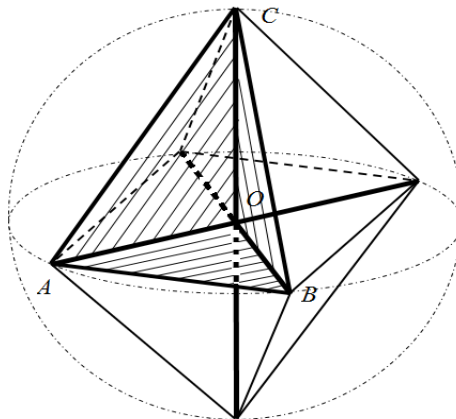


Рис.2. Правильный многогранник и его элементарная ячейка

Тремя ребрами элементарной ячейки $ABCO$ являются радиальные лучи OA ; OB ; OC , другими тремя – линии сторон правильного многогранника. Находится зависимость объема элементарной фигуры от длины радиального луча (радиуса сферы). Объем правильного многогранника рассматривается как сумма объемов одинаковых элементарных четырехгранников.

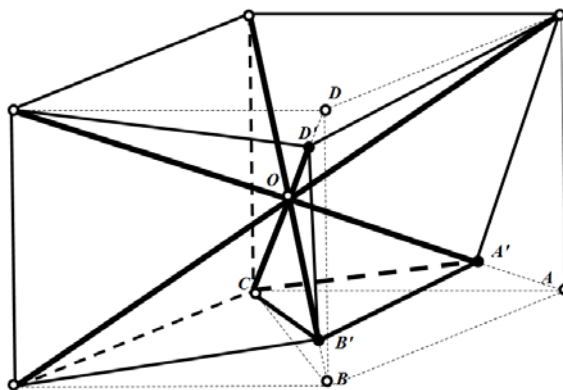


Рис.3. Многогранник с нарушенной симметрией и одна из его элементарных ячеек

Второй многогранник строится следующим образом. На радиальных лучах, от центра сферы в направлении каждой ее вершины, откладываются отрезки, по величине равные относительным значениям рассматриваемых характеристик. Их величина условно принимается меньше единицы. Расположенные рядом концы указанных отрезков соединяются линиями. Симметрия фигуры нарушается. Получается неправильный многогранник, состоящий из ряда элементарных ячеек – четырехгранников (например, четырехгранник $OA'B'C$ на рис.3. В каждой ячейке плоские углы при вершине, находящейся в центре сферы, равны в силу правильности базового многогранника. Объемы четырехгранников, в общем случае, не равны.

В качестве примера фигуры с нарушенной симметрией на рис.4 изображен многогранник, построенный на пространственной решетке гексаэдра, имеющий 8 вершин и 12 элементарных ячеек. В нем уменьшение получили три радиальных луча.

Находится зависимость объема каждой элементарной ячейки от длин трех радиальных отрезков, ее образующих и угла между ними. Объем полученного многогранника рассматривается как сумма объемов его элементарных четырехгранников. Таким образом, получаем формулу зависимости этого объема от величины каждого радиального отрезка.

Bal-индексом в этом случае является выражение

$$bal = \frac{V_r}{V_{cr}} \cdot m, \quad (5)$$

где: V_r - объем построенного многогранника с нарушенной симметрией,

V_{cr} - объем правильного (эталонного) многогранника.

Количество вершин фигуры, равное количеству радиальных лучей, определяет число рассматриваемых неоднородных характеристик объекта. Используя в качестве эталона объемы правильных многогранников (тетраэдра, октаэдра, куба, икосаэдра, додекаэдра) можно определить bal-индекс по 4, 6, 8, 12, 20 таким характеристикам.

Получение значений относительных характеристик. Во всех случаях нахождения bal-индекса на лучах звездных решеток откладываются относительные значения сравниваемых характеристик.

За относительное значение характеристики авторы принимают выражение

$$a_r^{(i)} = k \cdot \left(\frac{a_c^{(i)}}{a_{cr}^{(i)}} \right)^t, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

где: $a_r^{(i)}$ - относительное значение i -ой характеристики;

$a_c^{(i)}$ - рассматриваемое значение i -ой характеристики;

$a_{cr}^{(i)}$ - значение критерия для i -ой характеристики;

k - весовой коэффициент ($k \leq 1$);

$t = \pm 1$ - коэффициент, зависящий от выбора критерия;

n – количество рассматриваемых характеристик.

Вопросы, связанные с методикой определения критерия и его значения в данной статье не рассматриваются. Критерии и их значения, а также весовые коэффициенты подбирают специалисты, использующие данный метод, в зависимости от их интересов.

Анализ чувствительности bal-индекса. Авторами проведен анализ чувствительности bal-индексов, к изменению только одной из нескольких неоднородных относительных

характеристик. Были просчитаны bal-индексы при разном количестве характеристик (от 2 до 20), при этом величина одной характеристики принималась очень малой (но неравной нулю), все другие приравнивались к единичному значению.

На графике (рис.4) видно, что наибольшее расхождение между сравниваемыми величинами при 3-х, 4-х и 6-х характеристиках, с увеличением числа характеристик, разница между сравниваемыми величинами уменьшается ($R_r \rightarrow R_{cr}$).

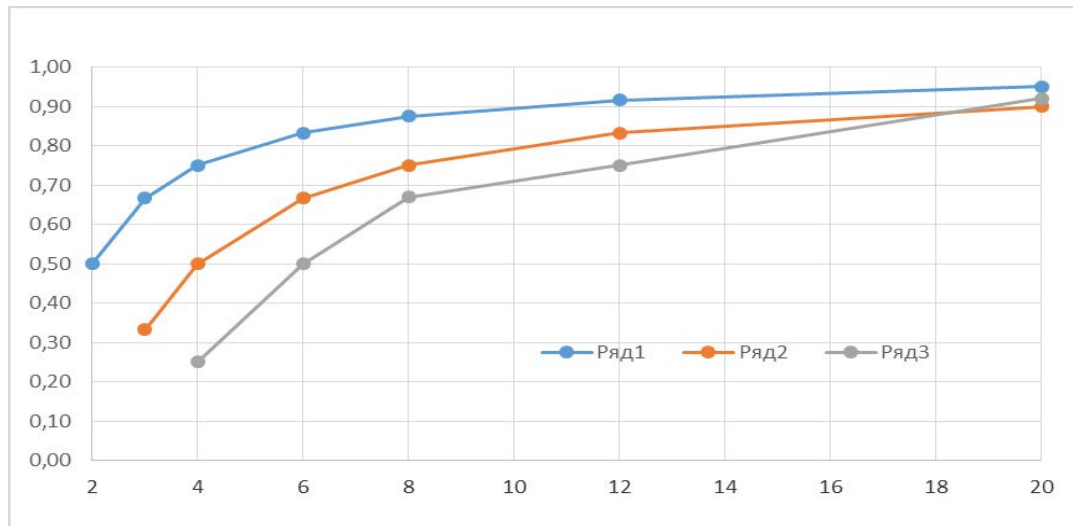


Рис.4. Чувствительность bal-индекса к изменению характеристик:
ряд 1 – среднеарифметические значения; ряд 2 – значения bal-индексов, построенных на базе правильных плоских фигур; ряд 3 – значения bal-индексов, построенных на базе правильных пространственных фигур

При 12 характеристиках, разница между их средним арифметическим и bal-индексами, построенными на базе правильных плоских фигур и правильных пространственных фигур, составляет всего 18%. Разница между ними практически исчезает при 20 сравниваемых характеристиках. Можно сделать вывод, что при числе характеристик равном от 3 до 8, bal-индекс наиболее чувствителен к изменению характеристик сравниваемых объектов.

Этот факт объясняется тем, что изменение величины любого одного из радиальных лучей приводит к максимальному изменению объемов (площадей) элементарных ячеек фигуры только в решетках звездной конфигурации, построенной на базах правильного треугольника (изменяется $2/3$ площадей), тетраэдра (изменяется до $3/4$ объемов), октаэдра и гексаэдра (изменяется до $1/2$ объемов). С увеличением числа лучей звездной решетки, влияние изменения величины одного луча на объем (площадь) фигуры уменьшается.

Примеры использования bal-индексов в методиках сравнения. Учитывая рекомендации предыдущей части статьи, связанные с чувствительностью предлагаемого алгоритма к количеству оцениваемых характеристик, авторы демонстрируют применение нахождения bal-индекса ($3 \div 8$) в различных методиках сравнения и определения относительных оценок.

Пример 1. Определение сравнительной оценки напряженности работы. Рассмотрим некоторые производственные показатели (Табл. 1) работы двух строительных участков, полученные при возведении железобетонных монолитных каркасов 4-х секционных жилых зданий (при примерно одинаковом сроке строительства):

Таблиця 1.

Показатели напряженности работы на объектах

Наименование объекта	Объем сооружения (куб. метры)	Кол-во работающих на объекте	Суммарное кол-во этажей в секциях
	Характеристика 1	Характеристика 2	Характеристика 3
СУ-1	13125	37	84
СУ-2	16600	40	78

Продемонстрируем методику получения значений относительных характеристик (при значении масштабного коэффициента $k = 1$ в формуле (6)):

Для характеристик объекта 1 (СУ-1).

Характеристика 1. Показатель тем лучше, чем больше. За критерий принимаем большее значение из выборки показателей - 16600 (в формуле (6) возьмем $t = 1$). Относительная характеристика $a_r^{(1)}$ равна

$$a_r^{(1)} = 1 \cdot \left(\frac{a_c^{(1)}}{a_{cr}^{(1)}} \right)^1 = \frac{13125}{16600} = 0,791.$$

Характеристика 2. Показатель тем лучше, чем меньше. За критерий принимаем меньшее значение из выборки показателей - 37 (в формуле (6) возьмем $t = -1$).

$$a_r^{(2)} = 1 \cdot \left(\frac{a_c^{(2)}}{a_{cr}^{(2)}} \right)^{-1} = \frac{37}{37} = 1.$$

Характеристика 3. Показатель тем лучше, чем больше. За критерий принимаем большее значение из выборки показателей - 84 (в формуле (6) возьмем $t = 1$).

$$a_r^{(3)} = 1 \cdot \left(\frac{a_c^{(3)}}{a_{cr}^{(3)}} \right)^1 = \frac{84}{84} = 1.$$

Используем алгоритма нахождения bal-индекса, при числе характеристик равном 3. По формуле (4) bal-индекс объекта 1 равен

$$bal(3) = \frac{1,118}{1,299} \cdot 10 = 8,6.$$

Для характеристик объекта 2 (СУ-2). По аналогии находим относительные характеристики:

$$a_r^{(1)} = 1 \cdot \left(\frac{a_c^{(1)}}{a_{cr}^{(1)}} \right)^1 = \frac{16600}{16600} = 1.$$

$$a_r^{(2)} = 1 \cdot \left(\frac{a_c^{(2)}}{a_{cr}^{(2)}} \right)^{-1} = \frac{37}{40} = 0,925.$$

$$a_r^{(3)} = 1 \cdot \left(\frac{a_c^{(3)}}{a_{cr}^{(3)}} \right)^1 = \frac{78}{84} = 0,929.$$

$$bal(3) = \frac{1,175}{1,299} \cdot 10 = 9,0.$$

По предложенной методике показатели напряженности работы на втором объекте лучше, так как ее bal-индекс(3) выше.

Пример 2. Определение сравнительной оценки качества питьевой воды. Согласно [5] качество воды регламентируется ПДК и оценивается 54 физическими, химическими, биологическими и бактериологическими показателями. Многие из этих показателей нелинейно зависимы и имеют разные единицы измерения. Из всех показателей качества воды выберем восемь основных: цветность, мутность, жесткость, щелочность, окисляемость, сухой остаток воды и содержание в ней солей сульфатов, хлоридов.

Используя в качестве эталона объем правильного многогранника (куба), определяем ежемесячный bal-индекс(8) качества воды по указанным относительным показателям в 2014 году. Сравнительный анализ ежемесячных bal-индексов качества воды за три года показан на графике (рис. 5). На графике прослеживаются сезонные периоды ухудшения качества воды. Эти данные можно использовать для сравнительного анализа и управления качеством воды.

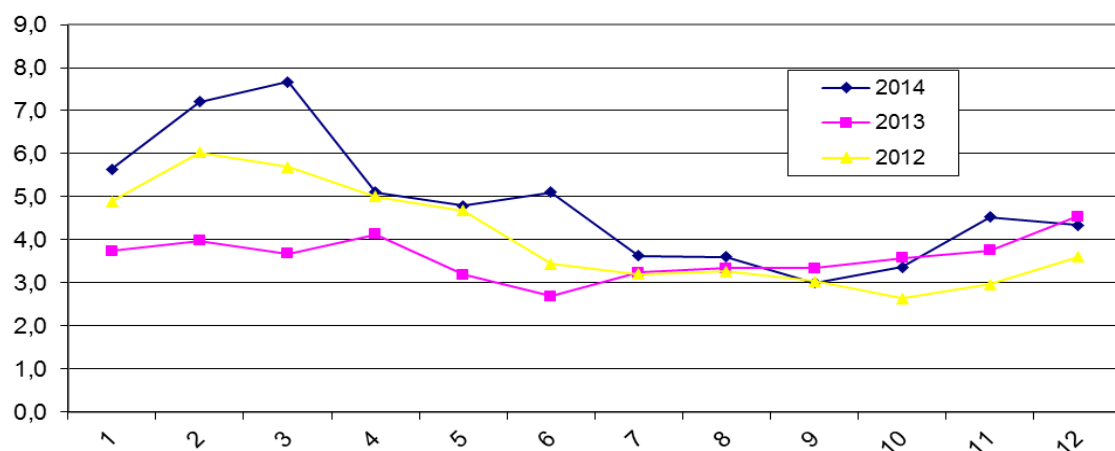


Рис.5. Графики колебаний bal-индекса(8) качества воды

Комплексное использование bal-индексов в методиках сравнения.

Предложенный алгоритм нахождения bal-индекса построен на базе правильных треугольника и многогранников, и оперирует с ограниченным числом сравниваемых характеристик (3, 4, 6, 8, 12, 20). Однако, это не ограничивает его возможности. Авторы демонстрируют применение нахождения bal-индекса в случаях, когда сравнивается другое, из указанных, число неоднородных характеристик. В этом случае вычисления производят в несколько этапов.

Пример 3. Определение сравнительной оценки соотношения «цена-качество». При приобретении товара или услуги любой покупатель решает проблему соотношения «цена-качество». А как это соотношение увидеть или оценить? Если цена – это реальные цифры, а категория качество имеет множество определений.

Для демонстрации методики, рассмотрим и проанализируем прайс-лист на продаваемые холодильники и установим для них bal-индекс соотношения «цена-качество». Для сравнения берем холодильники с одинаковыми параметрами энергопотребления, системы охлаждения, управления, расположения холодильной камеры, и имеющие примерно равную стоимость. Принимаем за условную оценку качества (по мнению авторов) набор 4-х технических характеристик. Фрагмент прайс-листа с интересующими нас показателями для четырех моделей холодильников, показан в таблице 2.

В качестве критериев для получения относительных характеристик принимаем максимальные (минимальные) значения из данной выборки.

Таблиця 2

Фрагмент прайс-листа на холодильники

№	Характеристики и единицы их измерения	Название марки и модели				Критерии
		A	B	D	E	
1	Объем холодильной камеры (л)	229	214	223	210	229
2	Объем морозильной камеры (л)	70	88	75	73	97
3	Сохранение температуры при отключении электрического питания (час)	30	20	13	13	30
4	Уровень шума (дБ)	42	41	43	44	41
5	Стоимость (грн.)	9299	8836	8654	9499	8654

I-й этап вычислений. Используя в качестве эталона объем правильного многогранника (тетраэдра), определяем bal-индекс условного качества холодильников по 4 указанным характеристикам (результаты приведены в 5-й строке таблицы 3).

Таблиця 3

Величины относительных характеристик и вычисляемые bal-индексы

	Относительные характеристики	Наименование модели			
		A	B	D	E
1	Объем холодильной камеры	1,000	0,934	0,974	0,917
2	Объем морозильной камеры	0,795	1,000	0,852	0,830
3	Сохранение температуры при отключении электрического питания	1,000	0,667	0,433	0,433
4	Уровень шума	0,976	1,000	0,953	0,932
5	bal-индекс(4) качества	0,83	0,71	0,48	0,44
6	относительная стоимость	0,93	0,98	1,00	0,91
7	bal-индекс(2) "цена-качество"	88	85	74	67

II-й этап вычислений. Определяем bal-индекс соотношения «цена-качество» (с масштабным коэффициентом равным 100) по 2 указанным относительным характеристикам (результаты приведены в 7-й строке таблицы 3).

При вычислении bal-индекс(2), для удобства восприятия покупателем значений, масштабный коэффициент приравнивался к 100. На взгляд авторов, покупателю, который знает bal-индекс соотношения «цена-качество», проще будет ориентироваться в большом количестве предлагаемых товаров и услуг.

Пример 4. Определение сравнительной оценки недвижимости (квартиры). Нахождение указанной оценки можно разделить на три этапа.

I-й этап вычислений. Вычисляем bal-индекс(6) помещений по 6 характеристикам: техническое состояние помещения и инженерных сетей, планировка, этажность помещения, расположение в пространстве, освещенность.

II-й етап вичислень. Вычисляем bal-индекс(6) здания по 6 характеристикам: техническое состояние здания, срок его эксплуатации, этажность, автономность жизнеобеспечения, наличие парковочного места, наличие инфраструктуры.

III-й етап вичислень. Вычисляем bal-индекс(3) квартиры по 3 характеристикам: престижности района, bal-индексу помещений и bal-индексу здания.

Все приведенные выше характеристики (количество и их наименование) приняты авторами только для демонстрации методики вычисления bal-индекс квартиры.

Вычислив bal-индекс квартиры в дальнейшем можно получить ее приведенную площадь и ориентировочную стоимость.

Выводы. Таким образом, рекомендуется использование алгоритма нахождения bal-индексов (3;4;6,8) в методиках получения приблизительной характеристики или сравнительной оценки объектов, имеющих неоднородные свойства.

Авторами, на базе созданной компьютерной программы, будет продолжена разработка методик применения bal-индекса в разных областях жизнедеятельности человека (материального производства, сфере оказания услуг, культуре, образовании, науке и спорте), в соавторстве со специалистами, работающими в этих областях.

Список использованных источников

1. Родина Т.Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров /— М.: Из-во Академия, 2004. —208 с.
2. Минакер В.Е., Быховский М.В. Проблемы интегральных оценок технических систем ТРИЗ-Саммит-2006 /— СПб, 2006.
3. Медик В.А., Кирьянов Б.Ф., Бачманов А.А. Линейные модели интегрального показателя оценки здоровья населения. Сб. научных трудов Новгородского научного центра СЗО РАМН. Т.4. /— М.: Медицина, 2005. — 72-78 с.
4. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. /— М: Госкомгидромет СССР, 1988. — 8 с.
5. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ BAL-ІНДЕКСУ ТА МЕТОДИКИ ОТРИМАННЯ ПОРІВНЯЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК З ЙОГО ВИКОРИСТАННЯМ

БАЛДУК Г. П., БАЛДУК П. Г.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Мета. Розробка геометричної моделі та алгоритму обчислення узагальненої оцінки об'єктів, що мають неоднорідні властивості.

Методика. Проводиться аналогія між геометричними системами, що мають n точок, та об'єктів, що мають n неоднорідних властивостей. Будується математична модель зазначених об'єктів на базі геометричних фігур. Порівнюються параметри ідеальної та розрахункової моделі.

Результати. Створено алгоритм порівняння геометричних характеристик моделей об'єктів, що мають неоднорідні властивості.

Наукова новизна. Запропоновано універсальний алгоритм обчислення узагальненої порівняльної оцінки для об'єктів, що мають неоднорідні властивості.

Практична значимість. Алгоритм знаходження bal-індексу використовується в різних методиках порівняння і визначення відносних оцінок, побудови рейтингів

підприємств, товарів, послуг. Може використовуватися в медицині, хімічній промисловості, торгівлі. Реалізація алгоритму не вимагає залучення дорогих сучасних програм статистичного аналізу.

Ключові слова: *інтегральна, порівняльна характеристика, зіставлення об'єктів, неоднорідні властивості, геометрична модель об'єкта.*

BAL-INDEX DEFINITION ALGORITHM AND METHODS OF ACHIEVEMENT OF COMPARATIVE CHARACTERISTICS WITH ITS USE

BALDUK G.P., BALDUK P.G.

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Goal. The development of the geometric model and algorithm for computing the generalized estimation of objects that have non-uniform properties.

Methods. An analogy between the geometrical systems with n points, and objects that have non-uniform properties of n is used. Mathematical model of said object based on geometric shapes is creating. We compare parameters of the ideal and the calculation models.

Findings. The algorithm of comparing of the geometric characteristics of the models of objects that have non-uniform properties is created.

Scientific novelty. The universal algorithm for calculating of the generalized comparative assessment for objects that have non-uniform properties is proposed.

Practical significance. The algorithm for finding bal-index used in various methods of comparison and determine the relative evaluation, making of ratings of companies, products and services. It can be used in medicine, chemical industry and trade. The implementation of the algorithm does not require expensive statistical analysis programs.

Key words: *integrated, comparative characteristics, objects comparison, non-uniform properties, geometric model of the object.*

УДК 697.278

ЛИСАК О.В.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України

НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕНТИЛЯТОРА В ДИНАМІЧНИХ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ ЕЛЕКТРОПЕЧАХ

Мета. Провести аналіз даних, отриманих шляхом натурних досліджень для 6 діб опалювального періоду, по тривалості та кількості запусків на добу для вентилятора теплоакumuлюючої електропечі (ТАЕП) динамічного типу та використати їх для оцінки енергоспоживання вентилятора.

Методика. В приміщенні було встановлено ТАЕП динамічного типу. Тепловіддача від приладу здійснювалась через його зовнішні поверхні та шляхом продування повітря за допомогою вентилятора через канали, розташовані в приладі. Запуск вентилятора здійснювався в залежності від показань двох датчиків температури для підтримання заданого значення температури приміщення.

Результати. В результаті проведення натурних досліджень встановлено, що кількість запусків вентилятора для вибраних 6 діб становила від 23 до 40 разів на добу, загальна тривалість роботи вентилятора коливалась в межах 2,59...4,42 год на добу. Отримані результати мають не узагальнюючий характер, а лише вказують на одну з можливих ситуацій при використанні подібних приладів.

Наукова новизна. Результати дослідження демонструють практику застосування динамічних ТАЕП, а саме тривалість роботи та кількість запусків вентилятора, що використовується в подібних приладах. Це дозволяє додатково оцінити технічні аспекти застосування вентиляторів в ТАЕП.

Практична значимість. Наведені дані можуть бути використані в обґрунтуванні використання вентилятора в ТАЕП.

Ключові слова: акумуляційні системи опалення, теплоакumuлюючі електропечі, теплонакопичувач, електричний акумуляційний обігрівач, вентилятор.

Вступ. Сьогодні в Україні значну увагу приділяють енергозбереженню, зокрема й зменшенню витрат енергії в системах опалення. Одним зі шляхів зменшення витрат є використання систем електричного теплоакumuляційного опалення, таких як електричні теплоакumuляційні прилади, відомі під назвами: теплоакumuлюючі електропечі (ТАЕП) та теплонакопичувачі [1]. Принцип дії приладів наступний: теплоакumuлюючий матеріал нагрівається електричними нагрівачами в час дії дешевого тарифу на електроенергію (цей процес має назву «зарядка»), а накопичена теплота використовується для забезпечення теплового режиму приміщення протягом доби.

Сьогодні використовуються переважно два типи ТАЕП: статичні та динамічні. В цій роботі розглянуто динамічну модель, що використовує вентилятор для прокачування повітря через теплоакumuлюючий матеріал, завдяки чому забезпечується значний діапазон регулювання тепловіддачі [2]. Саме тому динамічні ТАЕП рекомендують встановлювати за значних коливань температури протягом опалювального періоду, на відміну від статичних, які рекомендують встановлювати за незначних коливань та навантажень, а також в якості допоміжних систем опалення [3].

В деяких методиках, як, наприклад, в [4], при розрахунку економічного ефекту від впровадження ТАЕП прийнято, що обидва типи приладів забезпечують однаковий тепловий

потік та споживають однакову кількість теплової енергії за умови опалення одного й того самого приміщення. Подібний підхід є наближеним і вимагає уточнення, оскільки внаслідок розвитку систем автоматизації та відмінностей діапазону регулювання тепловіддачі приладів, якість підтримання теплового режиму приміщення може помітно відрізнятися [5]. Вибір приладу позначається й на параметрах, що визначають тепловтрати приміщення: наприклад, на градієнті температур по висоті. Також електроенергію споживають й системи автоматики та регулювання роботи приладу.

У випадку динамічного ТАЕП потрібно враховувати споживання електроенергії вентилятором. Виробники приладів та постачальники продукції, як правило, вказують на те, що кількість спожитої енергії є незначною. На практиці, не завжди можна отримати точні дані по кількості електроенергії спожитої вентилятором за опалювальний період, як і дані про необхідну потужність вентилятора та супутнього йому обладнання.

Визначити загальний час роботи, кількість запусків та кількість електроенергії спожитої вентилятором конструкції динамічного ТАЕП протягом доби, отриманих з натурного дослідження для 6 діб опалювального періоду та використати їх для аналізу енергоспоживання вентилятора.

Постановка задачі. Визначення тривалості та споживання електроенергії вентилятором було отримано для 6 діб в натурних умовах в одному з приміщень промислової будівлі, яке опалювалось за допомогою динамічного ТАЕП.

Тип вентилятора та режими його роботи. У встановленому приладі використано відцентровий (радіальний) вентилятор з лопатками, загнутими вперед. Подібне рішення дозволяє зменшити діаметр робочого колеса, й відповідно – розміри самого вентилятора. Це забезпечує компактність приладу [6].

Вентилятор працював за двопозиційного режиму: увімкнутий та вимкнутий. Запуск вентилятора залежав від показань двох датчиків температури, завдяки чому температура приміщення підтримувалась на заданому рівні. Графічний приклад кількості запусків вентилятору протягом певного проміжку часу надано на рис. 1.

Зв'язок режиму зарядки приладу з потребою в застосуванні вентилятору. Зарядка складалась з двох періодів: основного, що тривав з 23:00 до 06:00 години та відповідав часу дії дешевого тарифу на електроенергію для промислового підприємства за тризонного тарифу сплати (згідно постанови НКРЕ від 20.12.2001 № 1241 зі змінами та доповненнями), та додаткового нагріву приладу з 13:00 до 16:00, прийнятого для забезпечення більшої надійності роботи системи. Під час дослідів спостерігалась ситуація, за якої в певні години зарядки тепловий потік від приладу забезпечувався протягом порівняно тривалого часу лише за рахунок тепловіддачі від його зовнішніх поверхонь (на рис.1 період між першою та четвертою годиною ночі, який припадав на «зарядку» ТАЕП.).



Рис 1. Кількість запусків та тривалість роботи вентилятора динамічного ТАЕП протягом приблизно 22 год

Вимірювання кількості періодів та тривалості роботи вентилятору. Кількість запусків вентилятора та тривалість його роботи протягом доби $\tau_{\text{вент}}$, год, представлені в табл. 1.

Спожиту вентилятором протягом доби потужність $N_{\text{вент}}^{\text{д}}$, кВт·год, визначимо як:

$$N_{\text{вент}}^{\text{д}} = \tau_{\text{вент}} \cdot N_{\text{вент}}^{\text{ном}}, \quad (1)$$

де $N_{\text{вент}}^{\text{ном}}$ – номінальна потужність вентилятора та супутнього йому обладнання, Вт.

В подальшому при посиленні на $N_{\text{вент}}^{\text{ном}}$ обмежимося лише згадкою про вентилятор. За досліджуваних умов $N_{\text{вент}}^{\text{ном}} = 57$ Вт. Похибка при визначенні потужності вентилятора складала $\pm 1\%$ за використання приладу КМС-Ф1 [7].

Визначимо співвідношення параметру $N_{\text{вент}}^{\text{д}}$ до максимально можливої потужності, спожитої електричними нагрівачами протягом доби, $Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}}$, кВт·год, як ϕ , %:

$$\phi = (N_{\text{вент}}^{\text{д}} / Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}}) \cdot 100\%, \quad (2)$$

де $Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}}$ визначається як:

$$Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}} = n_{\text{зар}} \cdot Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{ел}}, \quad (3)$$

де $n_{\text{зар}}$ – тривалість нагріву теплоакumuлюючого матеріалу приладу, год;

$Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{ел}}$ – встановлена потужність електричних нагрівачів, кВт.

Прилад був розроблений для умов $n_{\text{зар}} = 8$ год, що відповідає часу дії дешевого тарифу електроенергії для населення за тризонного тарифу (згідно постанови НКРЕ від 23.04.2012 № 498 зі змінами та доповненнями), та $Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{ел}} = 2,7$ кВт і при встановленні в приміщенні отримав певне переулаштування, але зі збереженням ключових характеристик. Таким чином для даного приладу:

$$Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}} = 8 \cdot 2,7 = 21,6 \text{ кВт}.$$

Отримані значення $N_{\text{вент}}^{\text{д}}$ та ϕ надані в табл. 1.

Таблиця 1.

Кількість запусків на добу та споживання електроенергії вентилятором

Доба	Кількість запусків	$\tau_{\text{вент}}$, год	$N_{\text{вент}}^{\text{д}}$, кВт·год	ϕ , %
1	23	2,59	0,148	0,68
2	40	4,42	0,252	1,17
3	34	3,92	0,223	1,03
4	35	4,25	0,242	1,12
5	33	3,75	0,214	0,99
6	32	4,14	0,236	1,09

Аналіз результатів. В табл. 1 показано, що значення ϕ є невеликими: тобто споживання електроенергії вентилятором протягом доби є досить незначним в порівнянні з максимальним споживанням електроенергії електричними нагрівачами ТАЕП.

Номінальна потужність електричних нагрівачів може помітно перевищувати задану розрахункову потужність, необхідну для підтримання теплового режиму приміщення, оскільки може виникнути ситуація, за якої відсутній оптимальний по тепловій потужності

типорозмір приладу. Таким чином, більш точне значення ϕ можна отримати, якщо використати фактичну теплову потужність електричних нагрівачів, а не номінальну. За такого підходу ϕ буде вищим, оскільки значення теплової потужності електричних нагрівачів буде меншим, але в розрахунках цієї роботи прийнято спрощення, за якого фактична і номінальна потужність співпадають.

Потрібно відмітити й суттєву розбіжність між кількістю запусків вентилятору та $\tau_{\text{вент}}$ в різні дні – відповідно різними були значення $N_{\text{вент}}^{\text{д}}$ та ϕ . Так, найбільше значення в табл. 1 ϕ перевищує найменше на 70%. Для подальших розрахунків використаємо середньоарифметичне значення $\phi_{\text{ср}}^{\text{д}} = 1,01\%$.

Визначимо відношення кількості електроенергії спожитої протягом опалювального періоду вентилятором до кількості електроенергії спожитої протягом опалювального періоду електричними нагрівачами $\xi_{\text{ср}}^{\text{оп}}$, %. Кількість теплової енергії, виробленої електричними нагрівачами впродовж опалювального періоду $Q_{\text{річн}}^{\text{тепл}}$, кВт·год, визначимо згідно рекомендацій [8]:

$$Q_{\text{річн}}^{\text{тепл}} = Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}} \frac{t_{\text{вн}}^{\text{ср}} - t_{\text{оп}}^{\text{ср}}}{t_{\text{пр}} - t_{\text{оп}}^{\text{розр}}} \cdot n, \quad (4)$$

де $t_{\text{вн}}^{\text{ср}}$ – середнє значення температури приміщення протягом опалювального періоду, °C;

$t_{\text{оп}}^{\text{ср}}$ – середнє значення температури зовнішнього повітря протягом опалювального періоду, °C.

$t_{\text{пр}}$ – розрахункове значення температури приміщення для підбору системи опалення, °C.

$t_{\text{оп}}^{\text{розр}}$ – розрахункове значення температури зовнішнього повітря для підбору системи опалення, °C;

n – тривалість опалювального періоду, год.

Приймаємо, що середньодобове споживання електроенергії вентилятором на протязі опалювального періоду залишається постійним – значення $\phi_{\text{ср}}^{\text{д}}$ в середньому буде відповідати отриманому – і тому кількість електроенергії, спожитої вентилятором протягом опалювального періоду, $N_{\text{річн}}^{\text{вент}}$, кВт·год, записуємо як:

$$N_{\text{річн}}^{\text{вент}} = \left(\frac{\phi_{\text{ср}}^{\text{д}}}{100\%} \right) \cdot Q_{\text{ТАЕП}}^{\text{max}} \cdot n. \quad (5)$$

В результаті знаходимо значення $\xi_{\text{ср}}^{\text{оп}}$ через співвідношення формул (4) та (5):

$$\xi_{\text{ср}}^{\text{оп}} = \left(\frac{N_{\text{річн}}^{\text{вент}}}{Q_{\text{річн}}^{\text{тепл}}} \right) \cdot 100\% = \phi_{\text{ср}}^{\text{д}} \frac{t_{\text{пр}} - t_{\text{оп}}^{\text{розр}}}{t_{\text{вн}}^{\text{ср}} - t_{\text{оп}}^{\text{ср}}}. \quad (6)$$

Потрібно додати, що за відповідного типу ТАЕП користувач може запрограмувати прилад знижувати задане значення температури приміщення в певні години (наприклад, за відсутності людей у приміщенні), і, як наслідок, середнє значення температури приміщення протягом опалювального періоду буде нижчим, ніж розрахункове значення температури

приміщення для підбору заданого обладнання. Визначення середньої температури залежить від заданого характеру її зміни в приміщенні.

Наведемо приклад розрахунку для умов $t_{\text{пр}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{вн}}^{\text{ср}} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{оп}}^{\text{розн}} = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $t_{\text{оп}}^{\text{ср}} = -1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\xi_{\text{ср}}^{\text{оп}} = 1,01 \cdot \frac{20 - (-22)}{18 - (-1,1)} = 2,22\%.$$

Висновки:

1. Проведені дослідження продемонстрували, що вентилятор використовується порівняно незначну кількість часу протягом доби та споживає незначну кількість електроенергії в порівнянні з електричними нагрівачами. Таким чином, хоча поліпшення систем регулювання подібних приладів призводить до збільшення потреб в електроенергії, додаткове споживання електроенергії вентилятором не є відчутним. Більш того, можливий економічний зиск від кращого регулювання тепловіддачі (зменшення вірогідності перегріву приміщення одночасно з можливістю оперативно знижувати температуру приміщення за потреби) від приладу може переважити витрати електроенергії вентилятором. Разом з тим, застосування вентилятора підвищує вартість конструкції і тому наведені розрахунки можливо використати для більш точного визначення терміну окупності динамічних ТАЕП, а також необхідних параметрів надійності та часу безперебійної експлуатації при виборі вентилятора та супутнього обладнання автоматизації ТАЕП.

2. В подальших дослідженнях необхідно визначити фактори, які в найбільшій мірі впливають на кількість запусків і тривалість роботи вентилятора та уточнити параметри роботи вентилятора протягом більш тривалого періоду.

3. Наступним завданням, тісно пов'язаним з вивченням роботи систем місцевого опалення обладнаних вентилятором, є порівняння динамічних та статичних ТАЕП по тривалості часу, необхідного приладам цих типів для розігріву приміщення до заданої температури. Така задача є актуальною тому, що за відсутності людей в приміщенні прилади повинні знижувати температуру в ньому. Підвищення значення температури приміщення до комфортного перед появою людей в приміщенні триватиме певний час і тому варто визначити, наскільки буде відрізнятися час розігріву приміщення динамічним та статичним ТАЕП з огляду на цю обставину.

Список використаних джерел

1. Малкін, Е. С. Теплоаккумулюючі електропечі. Термінологія і класифікація [Текст] / Е. С. Малкін, О. В. Лисак // Промислова електроенергетика та електротехніка (Промелектро). – 2014. – № 3. – С. 69–74. – ISSN 2409-2924.
2. Oughton D. R. Faber & Kell's Heating and Air-Conditioning of Buildings [Text] // D. R. Oughton, S. L. Hodgkinson. – 10th edition. – Amsterdam ; London : Butterworth-Heinemann, 2008. – XIX, 786 p. – ISBN 978-0-75-068365-4.
3. ООО «Тагил-Технотерм» : Технические характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tagilt.ru/opisanie-raboty/texnicheskie-xarakteristiki.html>. – Назва з екрану. – 25.05.2016 р.

4. Клён, А. Н. Эффективность применения теплонакопителей в частных домовладениях Украины [Текст] / А. Н. Клён // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 6/1 (26). – С. 46-49. – ISSN 2226-3780. – doi: 10.15587/2312-8372.2015.56645.

5. Лысак, Олег. Выбор теплоаккумулирующих электропечей при внедрении в Украине [Текст] / Олег Лысак, Эдуард Малкин // Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym. – Częstochowa (Poland) : Politechnika Częstochowska, 2015. – № 1 – С. 117–125. – ISSN 2299-8535.

6. Поляков, В. В. Насосы и вентиляторы : учеб. для вузов [Текст] / В. В. Поляков, Л. С. Скворцов. – М. : Стройиздат, 1990. – 336 с. – ISBN 5-274-01021-0.

7. ОВЕН: Контроллер-монитор сети КМС-Ф1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru/catalog/kontroller_monitor_seti_kms_f1/opisanie. – Назва з екрану. – 25.05.2016 р.

8. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Теплоэнергетика" [Текст] / Е. Я. Соколов. – 7. изд., стер. – М. : Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с. – ISBN 5-7046-0703-9.

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА В ДИНАМИЧЕСКИХ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ ЛЫСАК О.В.

Институт возобновляемой энергетики НАН Украины

Цель. Провести анализ данных, полученных путём натуральных исследований для 6 суток отопительного периода, по продолжительности и количеству запусков в сутки для вентилятора теплоаккумулирующей электропечи (ТАЭП) динамического типа и использовать их для оценки энергопотребления вентилятора.

Методика. В помещении был установлен ТАЭП динамического типа. Теплоотдача от прибора осуществлялась через внешние поверхности и продувку воздуха с помощью вентилятора через каналы, расположенные в приборе. Запуск вентилятора осуществлялся в зависимости от показаний двух датчиков температуры для поддержаний заданного значения температуры помещения.

Результаты. В результате проведения натуральных исследований установлено, что количество запусков вентилятора для выбранных 6 суток составляло от 23 до 40 раз в сутки, общая продолжительность работы вентилятора колебалась от 2,59...4,42 ч в сутки. Полученные результаты не обладают обобщающим характером, а лишь демонстрируют один из возможных случаев использования подобных приборов.

Научная новизна. Результаты исследования демонстрируют практику применения динамических ТАЭП, а именно продолжительность работы и количество запусков вентилятора, используемого в подобных приборах. Это позволяет дополнительно оценить технические аспекты применения вентиляторов в ТАЭП.

Практическая значимость. Приведённые данные могут быть использованы для обоснования применения вентилятора в ТАЭП.

Ключевые слова: аккумуляционные системы отопления, теплоаккумулирующие электропечи, теплонакопители, электрический аккумуляционный обогреватель, вентилятор.

FIELD INVESTIGATIONS OF THE OPERATION TIME OF A FAN USED IN A DYNAMIC STORAGE HEATER

LYSAK O.

Institute of Renewable Energy at National Academy of Sciences of Ukraine

Purpose. The paper analyzes the data obtained by the field research for 6 days of the heating season. The data shows the operation time of a fan used in a dynamic storage heater and how many times the fan is turned on per day and the obtained information is used for the evaluation of the fan power consumption.

Methodology. The dynamic storage heater is placed in the room. There is the heat transfer from the device outer surfaces and from its airways. The fan is used to blow air through airways. Two temperature sensors control the fan operation in order to keep the room temperature in the allowable range.

Findings. The field research shows the data of the fan operation time for 6 days. It was found that the fan was turned on from 23 to 40 times per day and the operation time varied from 2.59...4.42 hours per day. The shown data demonstrates only a special case, not a general case.

Originality. The result of the field research shows how dynamic storage heaters function. The data of the operation time and the number of times when a fan is turned on give some additional evaluation of the technical aspects of the use of fan assisted storage heaters.

Practical value. These data can be used as a justification for using a fan assisted storage heater.

Keywords: *storage heating, electric storage heating, storage heaters, fan.*

УДК 677.055.56

ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Є.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

**МЕХАНІЗМ НАКАТУВАННЯ ПОЛОТНА
КРУГЛОВ'ЯЗальної МАШИНИ
З ПРИВОДНИМ НАКАТНИМ ВАЛИКОМ ТА ВИБІР
ЙОГО ПАРАМЕТРІВ**

Мета. Розробка механізму накатування полотна круглов'язальної машини з приводним накатним валиком та вибір його параметрів.

Методика. Використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії проектування в'язальних машин та теорії пружності.

Результати. Розроблено нову конструкцію механізму накатування полотна круглов'язальної машини з приводним накатним валиком. Встановлено, що використання в механізмі накатування полотна круглов'язальної машини приводного накатного валика забезпечує стабільність швидкості та сили натягу полотна в зоні його накатування – необхідної умови підвищення якості полотна. Запропоновано метод вибору робочих параметрів механізму накатування полотна круглов'язальної машини з приводним накатним валиком, а саме: вибір жорсткості пружини притиску рулону полотна до накатного валика; розрахунок передаточного числа привода накатного валика, здатного забезпечити працездатність та ефективність роботи механізму накатування полотна в рулон.

Наукова новизна. Розроблено метод вибору робочих параметрів механізму накатування полотна круглов'язальної машини з приводним накатним валиком.

Практична значимість. Розроблено нову конструкцію механізму накатування полотна круглов'язальної машини з приводним накатним валиком.

Ключові слова: круглов'язальна машина, механізм накатування полотна круглов'язальної машини, накатний валик, привід накатного валика, полотно, рулон полотна.

Вступ. Недоліком відомих механізмів накатування полотна круглов'язальних машин є неможливість або складність досягнення стабільності накатування полотна в рулон (стабільність швидкості та зусилля накатування) [1-3], що знижує якість полотна та готових виробів, які з нього виробляються. Проблема підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин за рахунок удосконалення механізмів накатування полотна може бути вирішена шляхом розробки нових їх конструкцій, що забезпечують стабільність процесу накатування полотна в рулон.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність питання удосконалення механізмів накатування полотна круглов'язальних машин, завданням досліджень стало розробка нової конструкції механізму накатування полотна – механізму з приводним накатним валиком та розробка методу вибору його робочих параметрів.

Результати дослідження. В основу досліджень поставлена задача створити новий механізм накатування полотна круглов'язальної машини, здатний підвищити ефективність роботи круглов'язальної машини за рахунок підвищення якості полотна.

Поставлена задача вирішена тим, що в механізмі накатування полотна круглов'язальної машини, накатний валик виконано приводним, а товарний валик обладнаний двоплечим важелем та пружиною розтягу перемінної жорсткості.

Виконання накатного валика механізму накатування полотна приводним та обладнання товарного валика двоплечим важелем та пружиною розтягу перемінної жорсткості, причому одне із пліч двоплечого важеля виконано вилкоподібним та містить дві опори, в яких встановлений товарний валик, а друге плече з'єднане з пружиною розтягу, дозволяє забезпечити сталість швидкості та зусилля накатування полотна на товарний валик, що забезпечує підвищення довговічності роботи механізму накатування полотна та якості полотна.

На рис. 1 представлена кінематична схема механізму накатування полотна круглов'язальної машини, запропонованого авторами.

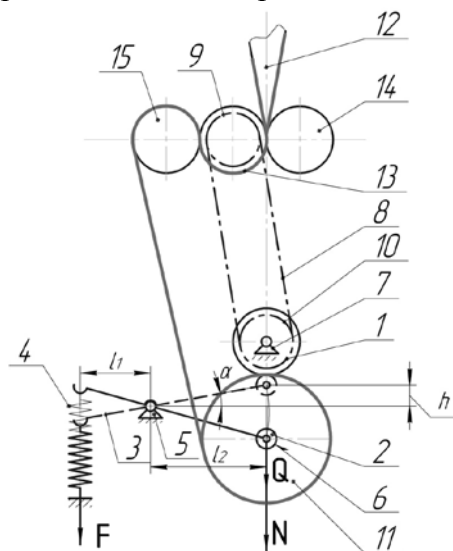


Рис. 1. Схема механізму накатування полотна круглов'язальної машини:
1 – накатний валик; 2 – товарний валик; 3 – двоплечий важіль; 4 – пружина розтягу; 5 – опора двоплечого важеля; 6 – опори товарного валика; 7 – опори накатного валика; 8 – ланцюгова передача; 9, 10 – ведуча та ведена зірочки; 11 – рулон полотна; 12 – полотно; 13-15 – відтяжні валики

Принцип роботи механізму накатування полотна такий. При вмиканні круглов'язальної машини обертальний рух відтяжного валика 13 передається ведучій зірочці 9 ланцюгової передачі 8, за допомогою якої передається далі веденій зірочці 10 та накатному валику 1, на якому вона жорстко закріплена. До накатного валика 1 за допомогою пружини розтягу 4 та двоплечого важеля 3 притискується товарний валик 2. Сила тертя, що виникає в зоні притиску товарного валика 2 до накатного валика 1, зумовлює зусилля накатування полотна 12 в рулон 11. При збільшенні в процесі накатування полотна діаметру рулону двоплечий важіль 3 з рулоном повертається в опору 5 за годинниковою стрілкою (згідно з кресленням). При цьому сила пружини розтягу збільшується і компенсує зростаючу вагу рулону, залишаючи постійною величину сили притиску рулону до накатного валика 1. Сила накатування полотна (натяг полотна) залишається сталою, оскільки залишається сталою сила тертя, зумовлена сталою величиною сили притиску товарного валика 2 з рулоном 11 до накатного валика 1. Також сталою залишається і швидкість накатування полотна 12 в рулон 11, оскільки вона залежить від величини діаметру накатного валика 1 та частоти його обертання, які залишаються сталими на протязі усього процесу роботи круглов'язальної

машини. Величина початкової сили пружини розтягу 3 (натяг полотна в зоні накатування) регулюється за допомогою гвинтової пари (на рис. 1 не показана).

Для забезпечення стабільності зусилля накатування полотна на протязі всього процесу накатування рулону пружина розтягу виконана з перемінною жорсткістю, величина якої вибирається із умови:

$$C = \frac{\pi q}{2\delta} (d_1 + d_2) \cdot \frac{l_1}{l_2},$$

де C – жорсткість пружини розтягу;

q – погонна вага полотна;

d_1 – діаметр товарного валика;

d_2 – текучий діаметр рулону полотна;

δ – товщина зведеного полотна;

l_1 – робоча довжина вилкоподібного плеча двоплечого важеля;

l_2 – робоча довжина другого плеча двоплечого важеля.

Вибір жорсткості пружини розтягу зумовлений такими міркуваннями.

Умова рівноваги товарного валика з полотном буде (рис. 1):

$$F l_2 = (Q + N) l_1 = (Q_1 + Q_2 + N) l_1, \quad (1)$$

де F – сила пружини розтягу;

Q – вага товарного валика з полотном;

Q_1 – вага товарного валика;

Q_2 – вага полотна, накатанного на товарний валик;

N – реакція нормального тиску пари товарний валик з полотном – накатний валик.

Необхідна сила пружини розтягу знаходиться із умови: $F = F_0 + F_1$, (2)

де F_0 – початкова сила пружини розтягу (регулюється в залежності від режиму накатування полотна), $F_0 = Q_1 + N = const$; (3)

F_1 – складова сили пружини розтягу, що урівноважує вагу полотна, накатаного на товарний валик (вага рулону), $F_1 = Q_2 = C Y$; (4)

Y – розтяг пружини розтягу, зумовлений збільшенням діаметру рулону полотна в процесі його накатування, $Y = \frac{d_2 - d_1}{2} \cdot \frac{l_2}{l_1}$. (5)

Вага рулону полотна знаходиться із умови:

$$Q_2 = L q, \quad (6)$$

де L – довжина полотна в рулоні;

Враховуючи, що $L = \frac{\pi(d_2^2 - d_1^2)}{4\delta}$, (7)

рівняння (6) приймає вигляд:

$$Q_2 = \frac{\pi q}{4\delta} (d_2^2 - d_1^2). \quad (8)$$

Із умови (4), враховуючи (5), (8) остаточно знаходимо:

$$C = \frac{Q_2}{Y} = \frac{\pi q}{2\delta} (d_1 + d_2) \cdot \frac{l_1}{l_2}. \quad (9)$$

Для зменшення впливу кута α повороту двоплечого важеля на стабільність зусилля накатування полотна, що має місце в відомому механізмі [3], в запропонованому механізмі (рис. 1) опора двоплечого важеля розташована таким чином, що відстань h від осі опор товарного валика, коли він знаходиться в вихідному положенні (початок накатування полотна), до горизонталі вибирається із умови:

$$h = \frac{d_{2max} - d_1}{4}, \quad (10)$$

де d_{2max} – максимальний діаметр рулону полотна.

Для забезпечення працездатності механізму накатування полотна передаточне число між товарним та відтяжними валиками вибирається із умови [4, 5]:

$$u = \frac{n_\epsilon}{n_H} = \frac{v_\epsilon d_{2min}}{v_H d_\epsilon}, \quad (11)$$

де n_ϵ, n_H - частота обертання відповідно відтяжних та товарного валиків,

$$n_\epsilon = \frac{60 v_\epsilon}{\pi d_\epsilon}; \quad n_H = \frac{60 v_H}{\pi d_{2min}}; \quad (12)$$

v_ϵ, v_H - швидкість відповідно відтяжки на накатування полотна;

d_{2min} - мінімальний діаметр рулону полотна при початку накатування (діаметр накатного валика);

d_ϵ - діаметр відтяжних валиків.

З метою створення необхідного зусилля накатування полотна F_H , використовуючи теорію пружності [6], можемо записати:

$$v_H = (1 + \epsilon) v_\epsilon, \quad (13)$$

$$\text{де } \epsilon - \text{відносна деформація розтягу полотна, } \epsilon = \frac{F_i}{E_n S}, \quad (14)$$

F_i - сила відтяжки однієї петлі полотна;

E_n – модуль пружності полотна;

S – площа перерізу ниток, що утворюють петлю.

Для кулірного покривного трикотажного полотна [5]:

$$S = 2 \left(\frac{\pi d_{1H}^2}{4} + \frac{\pi d_{2H}^2}{4} \right) = 0,5\pi (d_{1H}^2 + d_{2H}^2); \quad (15)$$

де d_{1H}, d_{2H} – діаметри (товщина) ґрунтової та покривної ниток [5]:

$$d_{1H} = \frac{\lambda \sqrt{T_1}}{31,6}; \quad d_{2H} = \frac{\lambda \sqrt{T_2}}{31,6}; \quad (16)$$

λ - коефіцієнт, що враховує вид матеріалу нитки;

T_1, T_2 – лінійна щільність ґрунтової та покривної ниток.

Враховуючи залежність (13), вираз (11) набуває вигляду:

$$u = \frac{d_{2min}}{d_e(1 + \varepsilon)}. \quad (17)$$

Використовуючи запропоновану методику, знайдемо необхідні параметри приводу механізму накатування полотна стосовно круглов'язальної машини КО-2, для якої [7]: діаметр голкового циліндру $D = 450$ мм; кількість в'язальних систем $q = 50$; висота петельного ряду полотна $B = 1$ мм; тип полотна – кулірне покривне; заправка машини: ґрунтова нитка – бавовна 18,5х1 текс, покривна нитка – віскоза 22,2 текс.

Враховуючи, що $\lambda_1 = 1,25$ (бавовна); $\lambda_2 = 1,3$ (віскоза) [5], із (16) знаходимо: $d_{1n} = 0,170$ мм; $d_{2n} = 0,194$ мм. Тоді площа перерізу ниток, що утворюють петлю, згідно з (15) становить: $S = 0,1045$ мм².

Оскільки для покривного трикотажного полотна вказаної заправки $E_n = 1,524$ МПа [5], прийнявши $F_i = 3 \cdot 10^{-2}$ Н [1], із виразу (14) знаходимо: $\varepsilon = 0,188$.

Враховуючи, що для круглов'язальної машини КО-2 $d_e = 51$ мм; $d_{2min} = 50$ мм [7], із (17) знаходимо необхідне передаточне число між товарним та відтяжними валиками (передаточне число ланцюгової передачі 8 – рис. 1): $u = 0,825$.

Висновки. Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- встановлено, що використання в запропонованому механізмі накатування полотна круглов'язальної машини приводного накатного валика та обладнання товарного валика двоплечим важелем та пружиною розтягу перемінної жорсткості забезпечує стабільність швидкості та сили натягу полотна в зоні його накатування – необхідної умови підвищення якості полотна;

- запропонований метод вибору робочих параметрів механізму накатування полотна круглов'язальної машини з приводним накатним валиком та пружиною розтягу з перемінною жорсткістю може бути використаний при розробці нових типів круглов'язальних машин.

Список використаних джерел

1. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин. – Л.: Машиностроение, 1980. – 472 с.
2. Мойсеєнко Ф.А. Проектування в'язальних машин. – Харків: Основа, 1994. – 336 с.
3. Пат. 66928 на корисну модель, Україна. D04 В 15/88. Механізм накатування полотна круглов'язальної машини /Б.Ф.Піпа, А.І. Марченко, В.К. Гайдамака, В.Г. Здоренко (Україна). Опубл. 25.01.2012, Бюл. № 1/2012, 3 с.
4. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Марченко А.І. Деталі машин. – К: КНУТД, 2011. – 358 с.
5. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Олійник О.Ю. Механізми відтяжки та накатування полотна круглов'язальних машин. – К: КНУТД, 2009. – 234 с.
6. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с.
7. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы. 1992. – 86 с.

МЕХАНИЗМ НАКАТКИ ПОЛОТНА КРУГЛОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ С ПРИВОДНЫМ НАКАТНЫМ ВАЛИКОМ И ВЫБОР ЕГО ПАРАМЕТРОВ

ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Е.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка механизма накатки полотна кругловязальной машины с приводным накатным валиком и выбор его параметров.

Методика. Используются современные методы теоретических исследований, основанные на теории проектирования вязальных машин и теории упругости.

Результаты. Разработана новая конструкция механизма накатки полотна кругловязальной машины с приводным накатным валиком. Установлено, что использование в механизме накатки полотна кругловязальной машины приводного накатного валика обеспечивает стабильность скорости и силы натяжения полотна в зоне его накатки - необходимого условия повышения качества полотна. Предложен метод выбора рабочих параметров механизма накатки полотна кругловязальной машины с приводным накатным валиком, а именно: выбор жесткости пружины прижима рулона полотна к накатному валику; расчет передаточного числа привода накатного валика, способного обеспечить работоспособность и эффективность работы механизма накатки полотна в рулон.

Научная новизна. Разработан метод выбора рабочих параметров механизма накатки полотна кругловязальной машины с приводным накатным валиком.

Практическая значимость. Разработана новая конструкция механизма накатки полотна кругловязальной машины с приводным накатным валиком.

Ключевые слова: кругловязальная машина, механизм накатки полотна кругловязальной машины, накатной валик, повод накатного валика, полотно, рулон полотна.

WINDING MECHANISM BELT CIRCULAR KNITTING MACHINES WITH DRIVE THE FORM ROLLER AND SELECT OPTIONS ITS

CHABAN V.V., KOROBCHENKO E.A.

Kiev National University of Technology and Design

Aim. Develop a mechanism rolling fabric circular knitting machine with a driving form roller and the choice of its parameters.

Methodology. The use of modern methods of theoretical research, based on the design theory of knitting machines and elasticity.

Results. A new design rolling mechanism fabric circular knitting machine with a driving form roller. It was found that the use of the mechanism of rolling fabric circular knitting machine drive form roller ensures the stability of the speed and force web tension in the zone of its rolling - a necessary condition for increasing the quality of the web. The method of selecting the operating parameters of the mechanism rolling fabric circular knitting machine with a driving form roller, namely the choice of the stiffness of the spring roll nip the web to form roller; Drive gear ratio calculation form roller capable of providing efficiency and effectiveness of the mechanism of rolling the web in a roll.

Scientific novelty. The method of selection of workers rolling mechanism parameters canvas circular knitting machine with a driving form roller.

Practical meaningfulness. A new design rolling mechanism fabric circular knitting machine with a driving form roller.

Keywords: knitting machine, mechanism of rolling fabric circular knitting machine, form roller, form roller occasion, canvas, fabric roll.

УДК 624.044:624.041.6

КОСТЮК А.И., СТОЛЕВИЧ И.А., СТОЛЕВИЧ О.И.
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ДВУХФАКТОРНАЯ МОДЕЛЬ В МОДЕЛИРОВАНИИ ПОВЕДЕНИЯ БЕТОНА ПОД НАГРУЗКОЙ

Цель. Разработка математической модели для получения достоверной зависимости напряжений от деформаций с проведением факторного анализа для выделения m существенных факторов или компонент из набора N исходных признаков, характеризующих изучаемое явление.

Методика. Построена двухфакторная модель по результатам кратковременных испытаний бетонных призм. Множество решений однородной системы позволило получить матрицу нагрузок с упрощенной структурой. Для реализации факторного анализа использовался метод вращения - «Varimax».

Научная новизна. Модель построенная на основе двух факторов - напряжений и призмной прочности бетона доказала адекватность в описании деформаций в диапазоне относительных напряжений от 0,4 до 0,6.

Практическая значимость. Настоящий метод удобен для реализации на компьютере и позволяет повернуть главные компоненты (факторы) на многомерный угол ϕ , что позволяет получить матрицу ортогонального решения $A = (a_{jk})$, с несложной структурой.

Ключевые слова: модель, метод вращения «Varimax», керамзитобетон, напряжения, деформации

Введение. Повышение эффективности применения железобетонных конструкций в строительстве связано с совершенствованием методов их расчетов, а также с разработкой оптимальных с точки зрения минимальных затрат энергии конструкций. В настоящее время недостаточно изученным, на наш взгляд, остается напряженно – деформированное состояние, трещинообразование и несущая способность железобетонных элементов.

Постановка задачи. Учет свойств материала при определении напряжений в бетоне может правильно отразить работу бетона, если в основу будет положен действительный закон, связывающий напряжения и деформации.

Различные функциональные зависимости для выражения закона связывающего σ и ε были предложены рядом исследователей.

В связи с развитием различных расчетных методов предлагается много различных уравнений для аналитического выражения диаграммы сжатия бетона $\sigma = f(\varepsilon)$ [1]. В подавляющем большинстве случаев, в этих уравнениях не стоит задача раскрыть физический смысл тех или иных отклонений от линейной зависимости, преследуется лишь цель описания кривой, в наибольшей степени, отвечающей экспериментам.

Результаты. Для обеспечения получения наиболее достоверной зависимости напряжений от деформаций при моделировании нами были выбраны четыре состава керамзитобетона с прочностью в пределах 8...40 МПа. Построение двухфакторной модели базировалось на результатах кратковременных испытаний бетонных призм.

На полученных графиках выделяли деформации быстро натекающей ползучести (ε_{cl}), неупругие мгновенные деформации ($\varepsilon_{b,pl}$) и деформации упругого последействия ($\varepsilon_{b,af}$). Полные относительные деформации (10^{-5}) диаграммы « $\sigma_b - \varepsilon_b$ » записали в следующем виде:

$$\varepsilon_k = \varepsilon_{b,el} + \varepsilon_{b,pl} + \varepsilon_{cl}. \quad (1)$$

При этом деформации упругого последствия ($\varepsilon_{b,aft}$) являются частью упругих деформаций ($\varepsilon_{b,el}$).

Предлагаемая модель поведения бетона показана на рис. 1.

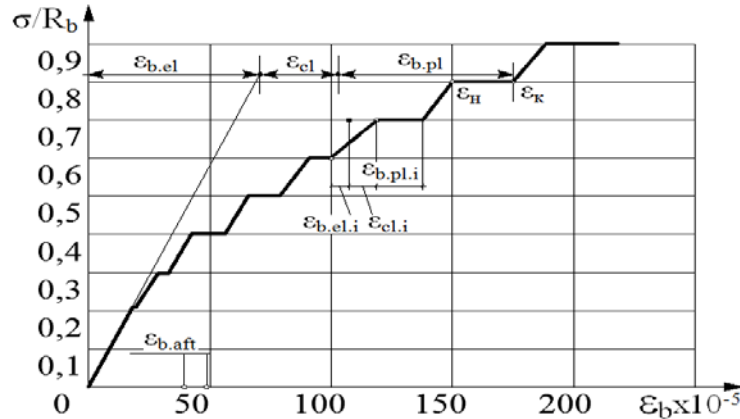


Рис. 1. Модель диаграммы работы бетона

Обработку результатов проводили в относительных единицах. За базовую призмную прочность R_{b0} при работе с экспериментальными данными принимали значение прочности четвертого состава - 30,2 МПа. Выбор кривых, описывающих экспериментальные данные проводили методом наименьших квадратов независимо по параметрам « $\varepsilon - \sigma/R_{bi}$ » и « $\varepsilon - R_{bi}/R_{b0}$ ». В результате выбирались только те зависимости, которые имели наибольший коэффициент корреляции с опытными данными (не менее 0,99). Окончательные зависимости в общем виде получили в форме произведения двух независимых параметров.

Деформации быстро натекающей ползучести записаны, в предлагаемой форме, в виде выражения:

$$\varepsilon_{cl} = 0,366 \cdot \left(1 + \frac{1,014}{\frac{R_{bi}}{R_{b0}}} + \frac{0,007}{\left(\frac{R_{bi}}{R_{b0}}\right)^2} \right) \cdot \left(1 + 124 \cdot \left(\frac{\sigma}{R_{bi}} \right)^3 \right) \cdot 10^{-5}. \quad (2)$$

Неупругие мгновенные деформации:

$$\varepsilon_{b,pl} = 2,593 \cdot \left(1 - \frac{1,040}{\frac{R_{bi}}{R_{b0}}} + \frac{0,369}{\left(\frac{R_{bi}}{R_{b0}}\right)^2} \right) \cdot \left(1 + 54,560 \cdot \left(\frac{\sigma}{R_{bi}} \right)^3 \right) \cdot 10^{-5}. \quad (3)$$

Упругие деформации:

$$\varepsilon_{b,el} = \frac{\sigma}{E_0} = \left(\frac{\sigma}{R_{bi}} \right) \cdot \left(\frac{0,552 + \frac{R_i}{R_{b0}}}{1130} \right). \quad (4)$$

Деформации упругого последствия:

$$\varepsilon_{b,aft} = 2,122 \cdot \left(1 - \frac{1,368}{\frac{R_{bi}}{R_{b0}}} + \frac{0,878}{\left(\frac{R_{bi}}{R_{b0}}\right)^3} \right) \cdot \left(1 + 15,833 \cdot \left(\frac{\sigma}{R_{b0}} \right)^3 \right) \cdot 10^{-5}. \quad (5)$$

Полученная модель адекватно описывала исходные данные при относительных напряжениях равных 0,4...0,6. В других диапазонах напряжений модель неадекватно описывала полученные данные. Для расширения диапазона работы модели были проведены дополнительные статистические исследования методом факторного анализа.

Главной задачей проводимого нами факторного анализа – объяснение корреляции

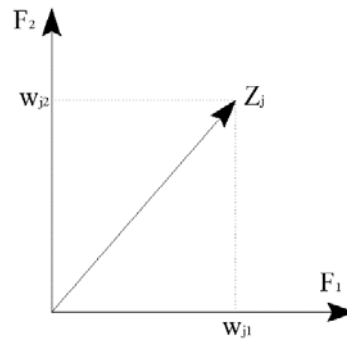


Рис. 2. Интерпретирование факторных нагрузок W_{j1} и W_{j2} , как проекций Z_j признака на факторные оси F_1 и F_2

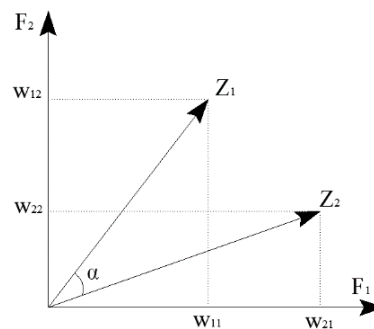


Рис. 3. Интерпретирование заданной конфигурации вектор-признаков Z_1 и Z_2 , найденных проекций W_{jk} ($j, k = 1, 2$) для этих признаков на факторные оси F_1 и F_2

В ходе проведенных операций по определению матрицы нагрузок $W=(W_{jk})$ нами фактически заменялись вектор-признаки на ортогональные вектор-факторы число которых меньше ($m < N$) числа признаков, т.е. использовались те F_j для которых величины собственных чисел $(\lambda_k) \gg 0$. Это можно объяснить тем, что многие признаки значительно коррелированы между собой и поэтому, содержат одинаковую информацию об изучаемых явлениях. В определении линейной комбинации факторов не идет прямая замена Z_1 на F_1 , а Z_2 на F_2 и т.п., в итоге заменяется одна конфигурация коррелированных между собой N признаков на меньшее число m некоррелированных факторов. При этом пытались отыскать "эквивалент" в системе "признаки-факторы", т.е. какие признаки эффективнее "объясняют", например фактор F_1 , а какие фактор F_2 и т.д.

В приведенных здесь матричных уравнениях отсутствовало однозначное решение W , что представляло главную трудность, которая возникала в анализе. В N -мерном пространстве система отсчета (система факторных осей) не определена однозначно (это следует из неопределенного решения системы). В свою очередь это в значительной мере влияло на значения факторных нагрузок, поскольку проекции фактор-признаков на оси-факторы зависело от положения последних. В результате, при наличии однозначности конфигурации исходных признаков, не получилось однозначного решения по факторным нагрузкам. На рис. 4 показана конфигурация двух вектор-признаков при двух различных положениях системы отсчета, включающей две факторные оси.

В результате, множество решений однородной системы приводило к возможности получить матрицу нагрузок с упрощенной структурой.

В дальнейшем следовало решить следующую проблему: какими соображениями следует руководствоваться при выборе общих факторов из бесконечного числа таких систем, лежащих в одном, и том же линейном подпространстве, и какими вычислительными

методами следует осуществлять этот выбор.

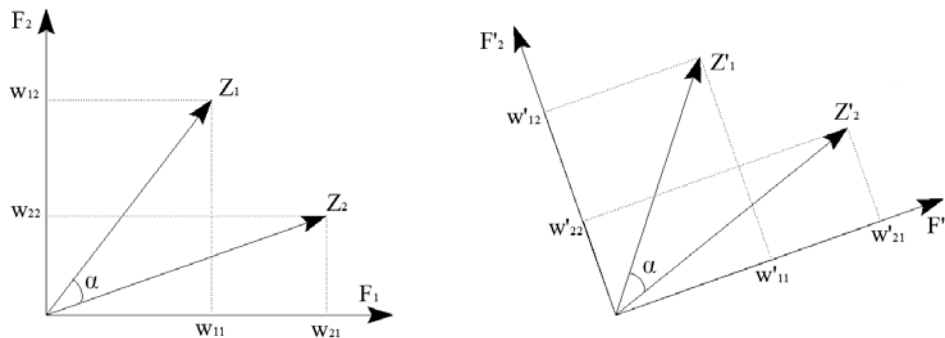


Рис. 4. Два различных решения задачи факторного анализа

Из фундаментального решения W , полученного из матрицы корреляций (или R^{red}), можем получить так называемое "повернутое" решение с матрицей A :

$$A = W \cdot L^T = L \cdot W, \quad (6)$$

где L - матрица N -порядка произвольного ортогонального преобразования, в результате которого выполняется условие $W^T \cdot W = R$ и, следовательно, $A^T \cdot A = R$.

Для реализации факторного анализа использовался метод вращения - «Varimax» и систему STATISTIKA в среде Windows, с модулем этой системы Factor Analysis.. Настоящий метод удобен для реализации на компьютере и позволяет повернуть главные компоненты (факторы) на многомерный угол φ , что позволяет получить матрицу ортогонального решения $A = (a_{jk})$, с несложной структурой.

Выводы.

1. Полученная модель адекватно описывает исходные данные при относительных напряжениях равных 0,4...0,6.
2. В результате проводимого нами факторного анализа получено объяснение корреляции признаков с помощью некоррелированных факторов.
3. Проведенный факторный анализ выделил m существенных факторов или компонент из набора N исходных признаков, характеризующих изучаемое явление. В дальнейшем исходные признаки заменялись меньшим числом ($m < N$) стандартизированных ортогональных факторов или компонент.
4. Множество решений однородной системы привело к возможности получить матрицу нагрузок с упрощенной структурой.

Список использованных источников

1. Байков В.Н., Горбатов С.В., Димитров З.А. Построение зависимости между напряжениями и деформациями сжатого бетона по системе нормируемых показателей. // Изв. вузов. Сер.: Стр-во и архитектура, 1977.- №6. С. 15-18.
2. Благуш П. Факторный анализ с обобщениями. М.: Финансы и статистика, 1989.-248 с.
3. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятности и математической статистики. М.: Наука, 1969. 512 с.

ДВОФАКТОРНА МОДЕЛЬ У МОДЕЛЮВАННІ ПОВЕДІНКИ БЕТОНА ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ

КОСТЮК А.І., СТОЛЕВИЧ І.А., СТОЛЕВИЧ О.І.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Мета. Розробка математичної моделі для отримання достовірної залежності напружень від деформацій з проведенням факторного аналізу для виділення m істотних факторів або компонент з набору N вихідних ознак, що характеризують досліджуване явище.

Методика. Побудована двофакторна модель за результатами короточасних випробувань бетонних призм. Безліч рішень однорідної системи дозволило отримати матрицю навантажень зі спрощеною структурою. Для реалізації факторного аналізу використовувався метод обертання - «Varimax».

Наукова новизна. Модель побудована на основі двох факторів - напружень і призмової міцності бетону довела адекватність в описі деформацій в діапазоні відносних напружень від 0,4 до 0,6.

Практична значимість. Даний метод зручний для реалізації на комп'ютері і дозволяє повернути головні компоненти (фактори) на багатовимірний кут φ , що дозволяє отримати матрицю ортогонального рішення $A = (a_{jk})$, з нескладною структурою.

Ключові слова: модель, метод обертання «Varimax», керамзитобетон, напруження, деформації.

TWO-FACTOR MODEL IN MODELING THE BEHAVIOR OF CONCRETE UNDER LOAD

KOSTUK A.I., STOLEVYCH I.A., STOLEVYCH O.I.

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Goal. Development of mathematical models to obtain reliable dependence of stress from deformation with carrying out factor analysis to extract m significant factors or component of a set of N original features, which characterizing studied phenomenon.

Methods. Two-factor model was built based on the results of short-term tests of concrete prisms. Many homogeneous system making it possible to obtain a matrix of loads with a simplified structure. Rotation method - «Varimax», was used for the implementation of the factor analysis.

Scientific novelty. The model was built based on the two factors - the stress and prism strength of concrete proved adequate in describing deformations in the relative stress range from 0.4 to 0.6.

Practical significance. This method is suitable for implementation on a computer and allows to rotate the principal components (factors) to the multidimensional angle φ , which allows to get an orthogonal solutions matrix $A = (a_{jk})$, with a simple structure.

Keywords: model, rotation method «Varimax», expanded clay concrete, stress, deformation.

УДК 677.055

ЩЕРБАНЬ В.Ю., ПІПА Б.Ф., ЧАБАН О.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ РУКАВИЧНИХ АВТОМАТІВ ЗІ ЗВОРОТНО-ПОСТУПАЛЬНИМ РУХОМ КАРЕТОК

Мета. Аналіз динамічних навантажень в рукавичних автоматах, що виникають при зворотньо-поступальному русі кареток та розробка програми для їх розрахунків.

Методика. Використані сучасні методи теорії динаміки механічних систем з пружними в'язями та теорії програмування.

Результати. На основі аналізу динаміки плосков'язальних машин та рукавичних автоматів, зумовленої зворотньо-поступальним рухом в'язальної та проміжної кареток, розроблено метод розрахунку динамічних навантажень, що виникають в рукавичних автоматах, обладнаних пристроєм вимикання кінематичного зв'язку кареток при переході в'язальної каретки на криволінійні траєкторії руху. Враховуючи значну трудомісткість розрахунків, автори пропонують розроблену ними спеціальну програму, за допомогою якої можливо не тільки визначити величину динамічних навантажень рукавичних автоматів, а й оперативно вирішити задачу аналізу впливу їх параметрів на величину динамічних навантажень, зумовлених зворотньо-поступальним рухом кареток.

Наукова новизна. Запропоновано метод оптимізації зворотньо-поступального руху кареток рукавичного автомата для зниження динамічних навантажень.

Практична значимість. Розробка програми для розрахунку динамічних навантажень рукавичних автоматів, зумовлених зворотньо-поступальним рухом кареток.

Ключові слова: рукавичний автомат, в'язальна каретка рукавичного автомата, зворотньо-поступальний рух в'язальної каретки, динамічні навантаження рукавичного автомата, програма для розрахунку динамічних навантажень.

Вступ. Недоліком приводів існуючих конструкцій рукавичних автоматів є зворотньо-поступальний рух в'язальної та проміжної кареток [1-4], що призводить до появи значних динамічних навантажень, обумовлених їх інерційністю [2]. Динамічні навантаження негативно впливають на надійність та довговічність роботи рукавичного автомату та на якість виробів. Зниження цих навантажень є однією із актуальних проблем трикотажного машинобудування. Таким чином, проблема аналізу динамічних навантажень, що виникають в рукавичних автоматах, та розробка програм для їх розрахунку є актуальною та своєчасною.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи рукавичних автоматів шляхом зниження динамічних навантажень, завданням досліджень став аналіз динамічних навантажень, зумовлених зворотньо-поступальним рухом кареток, та розробка програми для їх розрахунку.

Результати дослідження. Передача руху в'язальній каретці в сучасних рукавичних автоматах виконується за допомогою проміжної каретки, жорстко з'єднаної з ланцюгом ланцюгової передачі приводу [2-4]. Сила інерції, що виникає при цьому при зміні швидкості кареток, викликає значні динамічні навантаження в ланцюговій передачі та інших механізмах автомату [2, 5], що негативно впливає на надійність та довговічність роботи рукавичного автомату в цілому і на якість продукції.

Сила інерції кареток автомату, що рухаються поступально, обумовлена переходом з прямолінійної траєкторії їх руху на криволінійну ділянку ланцюга ланцюгової передачі, може бути визначена рівнянням:

$$F_u = mR\omega^2 \sin \omega t, \quad (1)$$

де F_u - сила інерції;

m – приведена сумарна маса в'язальної та проміжної кареток, що рухаються зворотно-поступально;

R - радіус криволінійної ділянки ланцюга (радіус початкового кола зірочки);

ω - кутова швидкість зірочки;

t - час.

Приведена сумарна маса кареток визначається з умови:

$$m = m_1 + m_2, \quad (2)$$

де m_1, m_2 - маса в'язальної та проміжної кареток відповідно.

Аналіз показує, що раціональним вирішенням проблеми зменшення сили інерції є зменшення величини мас рукавичного автомату (кареток), жорстко з'єднаних з ланцюгом привода, що рухаються поступально.

Автори пропонують [5] наступний варіант вирішення цього питання. Конструкцію вузла з'єднання в'язальної каретки з проміжною кареткою необхідно виконати таким чином, щоб в момент переходу проміжної каретки з прямолінійної ділянки траєкторії ланцюга відбулося б її відключення від в'язальної каретки. Значне зменшення досягнутої при цьому маси, жорстко з'єднаної з ланцюгом (для рукавичного автомату ПА-8-ЗЗ $m_1 / m_2 = 17,5 / 5 = 3,5$ [6]), забезпечить зниження інерційних навантажень на ланцюг та інші деталі й вузли рукавичного автомату. В'язальна каретка в момент відключення від проміжної каретки вступає у взаємодію з пружним елементом, виконаним у вигляді пружини стиску. Сила інерції в'язальної каретки, зумовлена уповільненням її руху, гаситься пружним елементом, накопичена енергія якого в подальшому забезпечує зупинку в'язальної каретки і зміну напрямку її руху. При цьому швидкість в'язальної каретки буде зростати від нуля до величини, що залежить від жорсткості пружного елемента та інших параметрів (початкова швидкість каретки, її маса та ін.). Проміжна каретка, жорстко з'єднана з ланцюгом, також змінює напрямок свого руху і починає з підвищеною швидкістю (від нуля до заданої швидкості в'язання) рухатися в зворотному напрямку. В момент, коли швидкість проміжної каретки дорівнює швидкості в'язальної каретки, повинно відбутися їх з'єднання. Подальший рух в'язальної каретки відбувається примусово від проміжної каретки.

Проаналізуємо ефективність такого рішення для зниження інерційних навантажень в рукавичному автоматі типу ПА. При цьому розглянемо лише одну ділянку криволінійної траєкторії руху кареток. На другій ділянці ланцюга процес буде проходити аналогічно.

Рівняння руху в'язальної каретки в момент відключення її від проміжної каретки (рис.

1) має вид:

$$F - F_n - F_T = 0, \quad (3)$$

де F - сила інерції в'язальної каретки;

F_n - сила пружини стиску;

F_T - сила опору руху в'язальної каретки (сила тертя).

Беручи до уваги: $F = -m_1 a = -m_1 \ddot{X}$; $F_n = C \cdot X$,

де a – прискорення в'язальної каретки;

X – стиск пружини (переміщення в'язальної каретки);

C – жорсткість пружини,

отримаємо: $m_1 \ddot{X} = -C \cdot X - F_T$,

або: $\ddot{X} + \frac{C}{m_1} X = -\frac{F_T}{m_1}$. (4)

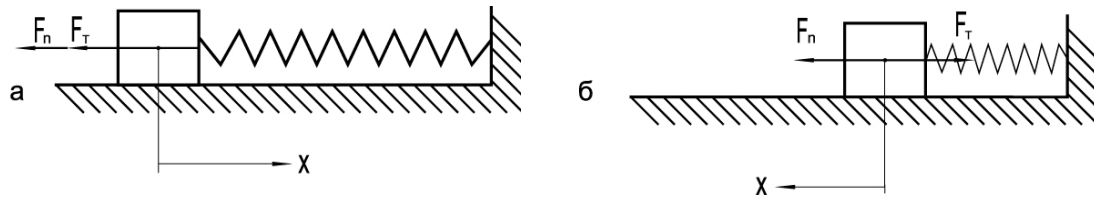


Рис. 1. Модель руху в'язальної каретки: а – рух в момент відключення в'язальної каретки від проміжної каретки; б – рух в'язальної каретки, обумовлений силою пружини стиску

Рівняння (4) представляє собою диференціальне рівняння 2-го порядку. В якості його рішення можна прийняти [2]:

$$X = A_1 \cos \beta t + B_1 \sin \beta t + a_1, \quad (5)$$

де A_1, B_1 - постійні інтегрування;

β - частота коливання в'язальної каретки;

a_1 - частинне рішення неоднорідного рівняння руху в'язальної каретки.

Для визначення постійних інтегрування (амплітуда коливань в'язальної каретки) приймемо початкові умови: при $t = 0$ $X = X_0 = 0$, $\dot{X} = \dot{X}_0 = V$, де V - швидкість в'язальної каретки в момент відключення її від проміжної каретки (швидкість в'язання).

Тоді: $X_0 = A_1 + a_1 = 0$; $A_1 = -a_1$. (6)

$$\dot{X} = -A_1 \beta \sin \beta t + B_1 \beta \cos \beta t; X_0 = B_1 \beta = V; B_1 = \frac{V}{\beta}. \quad (7)$$

Частота коливання в'язальної каретки визначається з умови: $\beta = \sqrt{\frac{C}{m_1}}$. (8)

Для визначення частинного рішення неоднорідного рівняння руху в'язальної каретки, використовуючи (4), запишемо: $\frac{C}{m_1} \left(a_1 + \frac{F_T}{C} \right) = 0$.

Звідки: $a_1 = -\frac{F_T}{C}$. (9)

Для спрощення знаходження параметру X зробимо складання коливань однакової частоти. Тоді рівняння (5) прийме вид: $X = D \sin(\beta t + \gamma) + a_1$, (10)

де $D = \sqrt{A_1^2 + B_1^2}$; $\gamma = \arctg \frac{A_1}{B_1}$. (11)

Очевидно:
$$X_{max} = X_1 = D + a_1 = D - \frac{F_T}{C}. \quad (12)$$

Розглянемо рух в'язальної каретки під дією сили пружини. Рівняння руху каретки при цьому має вид:

$$F = F_n - F_T$$

або:
$$m_1 \ddot{X} = C(X_1 - X) - F_T, \quad (13)$$

де X_1 - максимальне переміщення в'язальної каретки вправо (для нашого випадку) під дією сили інерції (стиск пружини).

Рівняння (13) запишемо у виді:
$$m_1 \ddot{X} + CX = K, \quad (14)$$

де
$$K = CX_1 - F_T.$$

Звідки:
$$\ddot{X} + \frac{C}{m_1} X = \frac{K}{m_1}. \quad (15)$$

Рішенням рівняння (15) аналогічно (4) буде:

$$X = A_2 \cos \beta t + B_2 \sin \beta t + a_2, \quad (16)$$

Використовуючи початкові умови: $t = 0$, $X = 0$, $\dot{X} = 0$, знаходимо:

$$A_2 = -a_2; B_2 = 0.$$

Тоді рівняння руху в'язальної каретки при русі її вправо має вид:

$$X = -a_2 \cos \beta t + a_2 = a_2(1 - \cos \beta t). \quad (17)$$

Частинне рішення неоднорідного рівняння (15), аналогічно вищевказаному, буде дорівнювати:

$$a_2 = \frac{K}{C}. \quad (18)$$

Диференціюючи рівняння (17), можна знайти швидкість руху в'язальної каретки V_1 , зумовлену дією сили пружини:
$$\dot{X} = V_1 = a_2 \beta \sin \beta t. \quad (19)$$

Враховуючи (18), маємо:
$$V_{1max} = a_2 \beta = \frac{K}{C} \beta. \quad (20)$$

Час t_2 , за який швидкість в'язальної каретки досягає свого максимуму, можна визначити із умови:

$$\sin \beta t_2 = 1.$$

Звідки:
$$\beta t_2 = 0,5\pi; t_2 = \frac{0,5\pi}{\beta}. \quad (21)$$

Визначимо переміщення в'язальної каретки, при якому досягається V_{1max} .

Підставляючи (19) в (17), отримаємо:
$$X_2 = a_2(1 - \cos 0,5\pi) = a_2 = \frac{K}{C}. \quad (22)$$

Визначимо час t_1 руху в'язальної каретки під дією сили інерції, що відповідає максимальному стиску пружини.

Використовуючи (10), (12), можна записати:

$$\sin(\beta t_1 + \gamma) = 1.$$

Відповідно:
$$\beta t_1 + \gamma = 0,5\pi..$$

Звідки:
$$t_1 = \frac{0,5\pi - \gamma}{\beta}. \quad (23)$$

Сумарний час руху в'язальної каретки t дорівнює:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{\pi - \gamma}{\beta}. \quad (24)$$

Умова вмикання з'єднання в'язальної і проміжної кареток, як було сказано раніше, має вид:

$$V_{1max} = V_2, \quad (25)$$

де V_2 - швидкість проміжної каретки в момент з'єднання її з в'язальною кареткою.

Підставляючи в (20) значення (8) та (14), знаходимо:

$$V_{1max} = \frac{CX_1 - F_T}{C} \beta = \left(X_1 - \frac{F_T}{C} \right) \sqrt{\frac{C}{m_1}}. \quad (26)$$

Використовуючи (6), (7), (9), (11) і (12), можна отримати:

$$X_1 = \sqrt{\left(\frac{F_T}{C} \right)^2 + \frac{V^2 m_1}{C}} - \frac{F_T}{C}. \quad (27)$$

Підставляючи (27) в (26), знаходимо:

$$V_{1max} = \left[\sqrt{\left(\frac{F_T}{C} \right)^2 + \frac{V^2 m_1}{C}} - \frac{2F_T}{C} \right] \sqrt{\frac{C}{m_1}}. \quad (28)$$

Швидкість проміжної каретки на криволінійній ділянці визначається залежністю:

$$V_2 = R\omega \cos \beta t, \quad (29)$$

Використовуючи (6)...(8), (11), із рівняння (24) отримаємо:

$$t = \frac{\pi - \arctg \frac{F_T}{V\sqrt{m_1 C}}}{\sqrt{\frac{C}{m_1}}}. \quad (30)$$

Підставляючи (30) в (29) і беручи до уваги, що $R\omega = V$, знаходимо:

$$V_2 = V \cos \left[\omega \frac{\pi - \arctg \frac{F_T}{V\sqrt{m_1 C}}}{\sqrt{\frac{C}{m_1}}} \right]. \quad (31)$$

Використовуючи отримані рівняння (28), (30) і зважаючи на умову з'єднання кареток (25), можна визначити необхідну жорсткість пружини стиску C для даного рукавичного автомату з заданими параметрами m_1, ω, F_T і швидкістю в'язання V .

В якості прикладу знайдемо жорсткість пружин стиску при використанні їх в рукавичному автоматі ПА-8-33, вихідними даними якого є [6]: маса в'язальної каретки $m_1 = 12,5$ кг; маса проміжної каретки $m_2 = 5,0$ кг; сила опору руху в'язальної каретки $F_T = 25$ Н; швидкість в'язання $V = 0,84$ м/с; радіус початкового кола зірочки ланцюгової передачі $R = 72,97$ мм; кутова швидкість зірочки $\omega = 11,51$ с⁻¹.

Використовуючи вихідні дані, залежності (8), (28), (30), (31) та беручи до уваги, що для забезпечення надійної роботи автомата повинна виконуватись умова $V_{1max} = V_2$, знаходимо необхідну величину жорсткості пружин: $C = 2705$ Н/м.

Визначимо ефективність використання запропонованого технічного рішення управління процесом взаємодії в'язальної і проміжної кареток рукавичного автомата ПА-8-33 для зниження інерційних навантажень при умові використання пружини стиску.

Для існуючої конструкції рукавичного автомата ПА-8-33 величина максимального інерційного навантаження, зумовленого наявністю криволінійних ділянок траєкторії руху кареток, за умови (2) буде дорівнювати:

$$F_{max} = (m_1 + m_2)R\omega^2 = (12,5 + 5,0)72,97 \cdot 10^{-3} \cdot 11,51^2 = 169,17 \text{ Н.}$$

Після модернізації механізму управління взаємодії кареток відповідно запропонованому рішення будемо мати:

$$F_1 = m_2 R \omega^2 = 5,0 \cdot 72,97 \cdot 10^{-3} \cdot 11,51^2 = 48,33 \text{ Н};$$

$$F_2 = ma = m \frac{V - V_2}{t} = \frac{m\omega(V - V_2)}{\alpha} = \frac{17,5 \cdot 11,51(0,84 - 0,579)}{0,81} = 64,9 \text{ Н},$$

де F_1 - максимальне інерційне навантаження, що діє на ланцюг та інші деталі рукавичного автомата, зумовлене зміною швидкості проміжної каретки;

F_2 - інерційне навантаження, зумовлене підвищенням швидкості руху з'єднаних між собою в'язальної і проміжної кареток (від 0,579 до 0,84 м/с [6]).

Враховуючи значну трудомісткість розрахунків знаходження величини жорсткості пружини C , необхідної для забезпечення працездатності привода рукавичного автомата, автори пропонують розроблену ними спеціальну програму, за допомогою якої можливо розв'язати цю проблему. Сумісне рішення рівнянь (28) та (31) приведе до трансцендентного рівняння. Для його розв'язання в роботі використано метод дихотомії. Програмна реалізація цього алгоритму здійснювалася на Object Pascal в середовищі Delphi. Програма включає два основні модулі і може бути уніфікована за рахунок включення транслятора Synt Scherban та модуля реєстрації помилок Errors Scherban. На рис. 2 представлені основні форми програми.

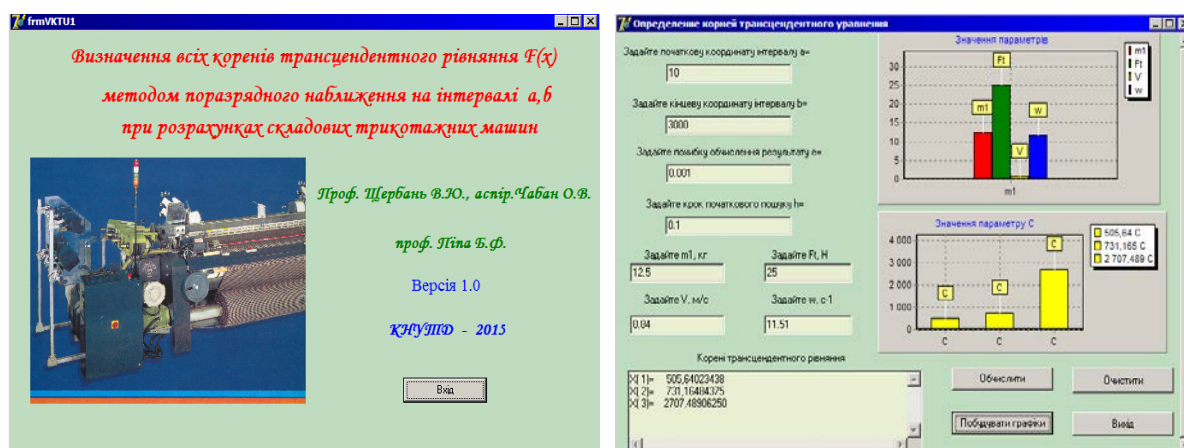


Рис. 2. Основні форми програми для визначення жорсткості пружини

Висновки. Аналізуючи результати досліджень, приходимо до висновку, що запропоноване технічне рішення управління процесом взаємодії в'язальної та проміжної кареток призводить до зниження динамічних навантажень, що діють на деталі та вузли рукавичного автомата ПА-8-33, в 3,5 рази при переході проміжної каретки з прямолінійної

ділянки ланцюга на криволінійну і в 2,6 рази при переході проміжної каретки разом з в'язальною кареткою з криволінійної ділянки ланцюга на прямолінійну. Це підтверджує ефективність і доцільність використання запропонованого рішення по удосконалюванню рукавичних автоматів типу ПА.

Список використаної літератури

1. Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. - М.: Легпромбытиздат, 1990. - 209 с.
2. Хомяк О.М. Динаміка плосков'язальних машин та автоматів. – К: КНУТД, 2008. – 250 с.
3. Шляхова Э.Н., Иванов Н.А., Исопенко Р.Н. Новое оборудование перчаточного производства. – Л.: Легкая индустрия, 1978. – 96 с.
4. Присяжнюк П.А. Наладка и эксплуатация плосковязальных трикотажных машин. – К.: Техніка, 1983. – 136 с.
5. 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 проектування). – К.: КНУТД, 2015. – 280 с.
6. Автомат перчаточный марки ПА–8–33. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.– Черновцы: 1987, 89 с.

ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ПЕРЧАТОЧНЫХ АВТОМАТОВ С ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ КАРЕТОК

ЩЕРБАНЬ В. Ю., ПИПА Б. Ф., ЧАБАН А. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Анализ динамических нагрузок перчаточных автоматов, возникающих при возвратно-поступательном движении кареток и разработка программы для их расчетов.

Методика. Используются современные методы теории динамики механических систем с упругими связями и теории программирования.

Результаты. На основе анализа динамики плосковязальных машин и перчаточных автоматов, обусловленной возвратно-поступательным движением вязальной и промежуточной кареток, разработан метод расчета динамических нагрузок, возникающих в перчаточных автоматах, оборудованных устройством выключения кинематической связи кареток при переходе вязальной каретки на криволинейные траектории движения. Учитывая значительную трудоемкость расчетов, авторы предлагают разработанную ими специальную программу, с помощью которой можно не только определить величину динамических нагрузок перчаточных автоматов, но и оперативно решить задачу анализа влияния их параметров на величину динамических нагрузок, обусловленных возвратно-поступательным движением кареток.

Научная новизна. Предложен метод оптимизации возвратно-поступательного движения каретки перчаточного автомата для снижения динамических нагрузок.

Практическая значимость. Разработка инженерного метода и программы для расчета динамических нагрузок перчаточных автоматов, обусловленных возвратно-поступательным движением кареток.

Ключевые слова: перчаточный автомат, вязальная каретка перчаточного автомата, возвратно-поступательное движение вязальной каретки, динамические нагрузки перчаточного автомата, программа для расчета динамических нагрузок.

DYNAMIC LOAD GLOVE MACHINES WITH RECIPROCATING TRAFFIC CARRIAGES

SHCHERBAN V.J., PIPA B.F., CHABAN A.V.

Kiev National University of Technology and Design

The Aim. Analysis of dynamic loads glove machines arising from the reciprocating movement of carriages and development programs for their calculations.

Methods. The use of modern methods of the theory of the dynamics of mechanical systems with elastic ties and the theory of programming.

The Results. By analyzing the dynamics of glove knitting machines and machines due reciprocating knitting and the intermediate carriages, developed a method of calculating the dynamic loads encountered in glove machines equipped device off kinematic link the carriages at the transition of the knitting carriage into curvilinear trajectory. Considering the complexity of large calculations, the authors propose a special program developed by them, which can be used not only to determine the magnitude of dynamic loads glove machines, and quickly solve the problem of analysis of the impact of parameters on the dynamic loads caused by reciprocating carriages.

Scientific novelty. Development of scientific principles and methods of engineering design knitting machines and machines.

The practical significance. The development of engineering methods and programs for the calculation of dynamic loads glove machines due to reciprocating carriages.

Key words: *glove machine, knitting machine carriage glove, reciprocating knitting carriage dynamic loads glove machine, a program for calculating the dynamic loads.*

УДК 687:658

БІЛЕЙ-РУБАН Н. В.

Мукачівський державний університет

НАДІЙНІСТЬ НИТКОВИХ З'ЄДНАНЬ ТРИКОТАЖНИХ ВИРОБІВ ЯК ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ЯКОСТІ ОДЯГУ

Мета. Стаття присвячена удосконаленню технології виготовлення трикотажних виробів на основі досліджень деформаційних показників ниткових з'єднань як вагової характеристики технічного рівня якості виготовлення виробів та їх експлуатаційної довговічності.

Методика. Дослідження проводились з використанням методів текстильного матеріалознавства та математичного моделювання і візуалізації результатів.

Результати. Отримані дослідження показників розтягу сучасних трикотажних полотен та швів, використання яких є основою вибору методів обробки для оптимізації технологічного процесу.

Наукова новизна. Визначені особливості показників надійності ниткових з'єднань за деформаційними характеристиками з врахуванням властивостей сучасних трикотажних полотен.

Практична значимість. Отримані результати дають можливість на етапі конструкторсько-технологічної підготовки виробництва трикотажних виробів обґрунтовано здійснювати підбір ниткових з'єднань для трикотажних виробів блузового асортименту, а також визначати їх технологічні особливості.

Ключові слова: технічний рівень якості, деформаційні характеристики, трикотажні вироби.

Вступ. В сучасних умовах спаду вітчизняного виробництва є декілька шляхів виходу з кризи, серед яких:

- підвищення якості технологічних процесів виробництва, орієнтованих на випуск конкурентоздатних на зовнішніх ринках виробів, сертифікація систем управління якістю (виробничих процесів, продукції, послуг);
- оптимізація витрат виробництва за рахунок освоєння нових технологій та раціональних послідовностей виконання технологічних операцій, які обумовлюють високу якість обробки виробів;
- розширення асортименту продукції, яка проектується з врахуванням важливих споживчих вимог та напрямку моди;
- створення продукції з високим ступенем новизни та наділеною якісно новими властивостями (експлуатаційними, художньої виразності з різними ефектами (принтами), оновлювальної здатності тощо).

Враховуючи різноманітність асортименту трикотажних полотен та виробів, їх постійно мінливі властивості, наявні сучасні методи оздоблення, види переплетення, особливості їх виробництва, можна відмітити те, що промисловим дизайнерами слід бути компетентними для врахування взаємозв'язку перерахованих вище складових при забезпеченні високої якості асортименту одягу. Тому, виправданим є пошук нових можливостей та напрямів удосконалення технології виготовлення трикотажних виробів з полотен різних груп розтягу. Важливим є і усвідомлення того, що притаманні сучасним

трикотажним виробам різні конструктивно-декоративні членування, що переважно властиві виробам із тканин, вимагають врахування складного комплексу властивостей матеріалів. Тому робота, яка пов'язана з удосконаленням технології виготовлення трикотажних виробів на основі рівня якості вихідної сировини є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проаналізувавши напрацювання науковців в області проектування та технології виготовлення трикотажних виробів [1,2,3,4,5,6,7] визначено, що більшість наукових напрямків зосереджені на такій проблематиці:

- розробка методологічних основ щодо проектування трикотажних виробів з еластичних матеріалів [5];
- формування інформаційних технологій щодо отримання нових структур трикотажних полотен із наперед заданими властивостями [2,3,4];
- дослідження деформаційних характеристик вискоеластичних матеріалів з використанням цифрових технологій [7];
- вдосконалення технологічної підготовки швейного виробництва з метою створення гнучких, повністю автоматизованих виробництв націлених на високий технічний рівень якості швейних виробів [4,5,6] тощо.

Зокрема, розробленою є комп'ютерна технологія оцінки деформаційних властивостей високо еластичних матеріалів, яка дає можливість в автоматизованому режимі з високою точністю визначити коефіцієнт звуження полотна та коефіцієнт Пуассона. При цьому одночасно формується електронна база даних властивостей матеріалів [4].

Зацікавленість представляють і використання цифрових технологій при виготовленні швейно-трикотажних виробів [1,7]. Саме ефективні та малозатратні методи підвищення продуктивності виробництва трикотажних виробів сприяють розвитку та вдосконаленню технологічної підготовки швейного виробництва з широким використанням комп'ютерної техніки та гнучкості і мобільності його процесів [5].

В цілому актуальними є:

- розробка інформаційних моделей проектування та технології виготовлення трикотажних виробів;
- створення інформаційної бази про вироби, її конструкції методи обробки з врахуванням визначальних властивостей матеріалів та бази даних обладнання для вказаної групи виробів
- вдосконалення технології виготовлення та розробка алгоритму його реалізації прогресивними методами, засобами.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є підвищення якості виготовлення трикотажних виробів при оптимальній для конкретного виду трикотажного виробу технології з врахуванням властивостей матеріалів. Для цього вирішеними є завдання з проведення дослідження впливу властивостей трикотажного полотна на особливості технології обробки основних з'єднань (бокових, рельєфних, плечових швів та кокеток, обробку основних вузлів трикотажних виробів). Об'єктом дослідження є ниткові з'єднання основних швів трикотажних виробів блузового призначення для удосконалення технології обробки сучасних трикотажних виробів як значуща характеристика технічного рівня якості одягу.

Виклад основного матеріалу. Необхідним етапом, який передуює роботі із складання типових технологічних процесів, є вибір способів з'єднання основних деталей, а саме вибір ниткових з'єднань у виробках з трикотажного полотна у відповідності до властивостей матеріалу. Саме на цьому етапі слід максимально обґрунтовано враховувати деформаційні характеристики полотна з якого проектується той чи інший виріб.

Деформаційні характеристики основних з'єднань (бокових, рельєфних, плечових швів та кокеток, обробка вузлів) у трикотажних виробках певною мірою залежать від властивостей полотен, вибраного методу обробки та технічних умов, режимів виконання, що в свою чергу формує якість готового виробу. Тому, саме дослідження деформаційних характеристик основних з'єднань у трикотажних виробках дають змогу вибору рекомендацій щодо обробки швів з того чи іншого виду полотна на етапі інженерної підготовки виробництва та проектування технологічних процесів.

До деформаційних характеристик трикотажних виробів відносять пружність трикотажного полотна, а саме здатність швидко повертати свою попередню форму та розміри після зняття деформації розтягу, зминання. Ця властивість трикотажу визначає формостійкість виробів при їх експлуатації.

Для трикотажного полотна характерна значна кількість пружної долі деформації (60-90% від повної деформації). Ця характеристика є найбільш цінною для виробів і пояснює переваги використання трикотажу для виготовлення білизняних та спортивних виробів, а також верхніх жіночих та чоловічих трикотажних виробів.

Слід зазначити, що такий важливий показник як видовження шва при розтягу трикотажу вздовж строчки, що залежить від величини спрацювання голкової нитки, визначає рівень якості технологічної обробки основних деталей та точність і відповідність конструктивним лініями моделі, яка проектується.

Також, серед деформаційних характеристик трикотажного полотна певного виду, вагомим є його розтяг по вертикалі, по горизонталі. Дані характеристики визначають специфіку методів обробки деталей та вузлів швейного виробу. Вагоме значення мають і показники, які забезпечують технологічність виробу, зокрема можливість використання високошвидкісної технологічної обробки чи використання прогресивних нових способів обробки. При цьому критерієм якості є міцність з'єднання (шва) певного виду.

Результати та їх обговорення. Підбір ниткових з'єднань для основних з'єднань (бокових, рельєфних, плечових швів та кокеток, обробка вузлів) проводиться з метою усунення дефекту (-ів) або підсилення того чи іншого оздоблення. Тобто, правильне урахування властивостей трикотажного полотна, використання певних видів швів сприяє усуненню таких дефектів одягу: зборка полотна в області з'єднання деталей, розтяг та перекис шва, що в цілому призводить до покращення якості готового виробу. З іншого боку конкретний метод обробки дає змогу підсилити такі ще донедавна негативні властивості трикотажного полотна як його закручуваність, підвищений розтяг, перекоси, при цьому не тільки не порушуючи термін експлуатації виробу, а й навпаки покращуючи його естетику.

Сучасним трикотажним полотнам із-за різноманітного волокнистого складу, переплетення, виду кінцевої обробки – властива висока частка пружної деформації та еластичності, завдяки чому трикотажні вироби мають покращені експлуатаційні показники, і навіть, при щільному обляганні фігури людини, не утруднюють її рухів і не створюють

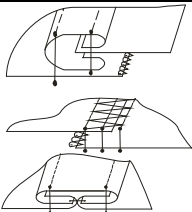
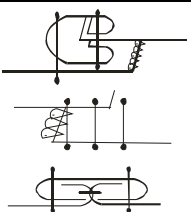
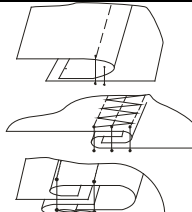
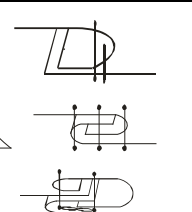
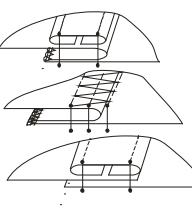
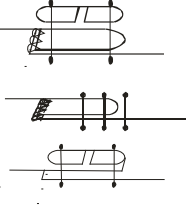
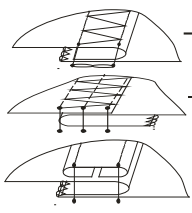
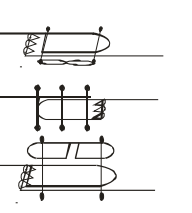
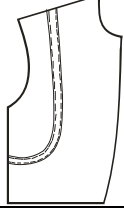
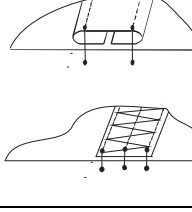
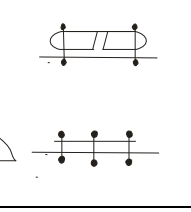
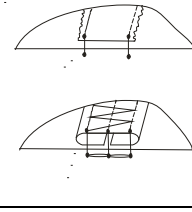
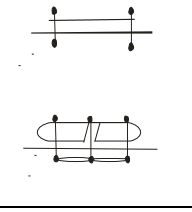
незручностей та дискомфорт споживачу, водночас зберігаючи та легко відновлюючи надану виробам форму після багаторазових хімічних чисток, прання, прасування та інших режимів догляду. Також відомо, що полотна з високим ступенем розтягу значно погіршують споживчі властивості трикотажних виробів і особливо верхнього одягу. Такі вироби передчасно втрачають форму, мають негарний зовнішній вигляд і знижені показники зносостійкості.

Саме враховуючи значну у порівнянні з тканинами розтяжність трикотажу, на етапах моделювання та конструювання швейних виробів необхідним є визначення групи розтягу конкретного полотна. Це окреслить перспективу необхідних конструктивно-технологічних особливостей виробу. Зокрема, при проектуванні виробів із полотен I-ої групи розтяжності прибавки на вільне облягання фігури повинні бути додатні, їх величина залежить від виду виробу; для полотен II-ої групи – нульовими, а для III – лінійні розміри виробів значно менші, ніж розміри фігури людини.

В даній роботі досліджувались деформаційні характеристики основних з'єднань (бокових, рельєфних, плечових швів та кокеток, обробка вузлів) з врахуванням показників якості трикотажних матеріалів блузового призначення різного сировинного складу. Види швів, які взяті для дослідження зведені в табличній формі (табл. 1).

Таблиця 1

Обробка рельєфних (бокових) швів у трикотажних виробах

Місце розміщення шва на пілочки виробу	Сучасні види ниткових з'єднань (швів) у трикотажних виробах, подані графічно			
				
				
				

Як видно з таблиці, надані ниткові шви різноманітні за технологією виконання, товщиною, шириною, відповідною конфігурацією, кількістю шарів матеріалу тощо. Для забезпечення необхідного терміну експлуатації виробу, шви повинні мати достатню міцність, певну жорсткість, стійкість багаторазовому розтягу, згину, тертю.

Особливої уваги потребує питання якості технології виготовлення, що забезпечує у

виробах отримання таких властивостей, як правильність та точність формотворення, експлуатаційна надійність та формостійкість, відповідність посадки виробу фігурі, точність виконання всіх з'єднань деталей, рівність країв виробу (деталей), відповідність декоративних і силуетних ліній напряму моди тощо. Проте, в силу зростаючих вимог до якості промислових виробів в цілому, наразі вагомими є саме вимоги до виготовлення, які забезпечують технологічність виробів, а отже і його технічний рівень якості. А це – використання високопродуктивних способів технологічної обробки, які дозволяють автоматизувати процес та сприяють прогресивності методів та способів обробки; надійність не тільки основних з'єднань, а й міцність кріплення фурнітури та її відповідність за рівнем довговічності основним матеріалам та умовам догляду.

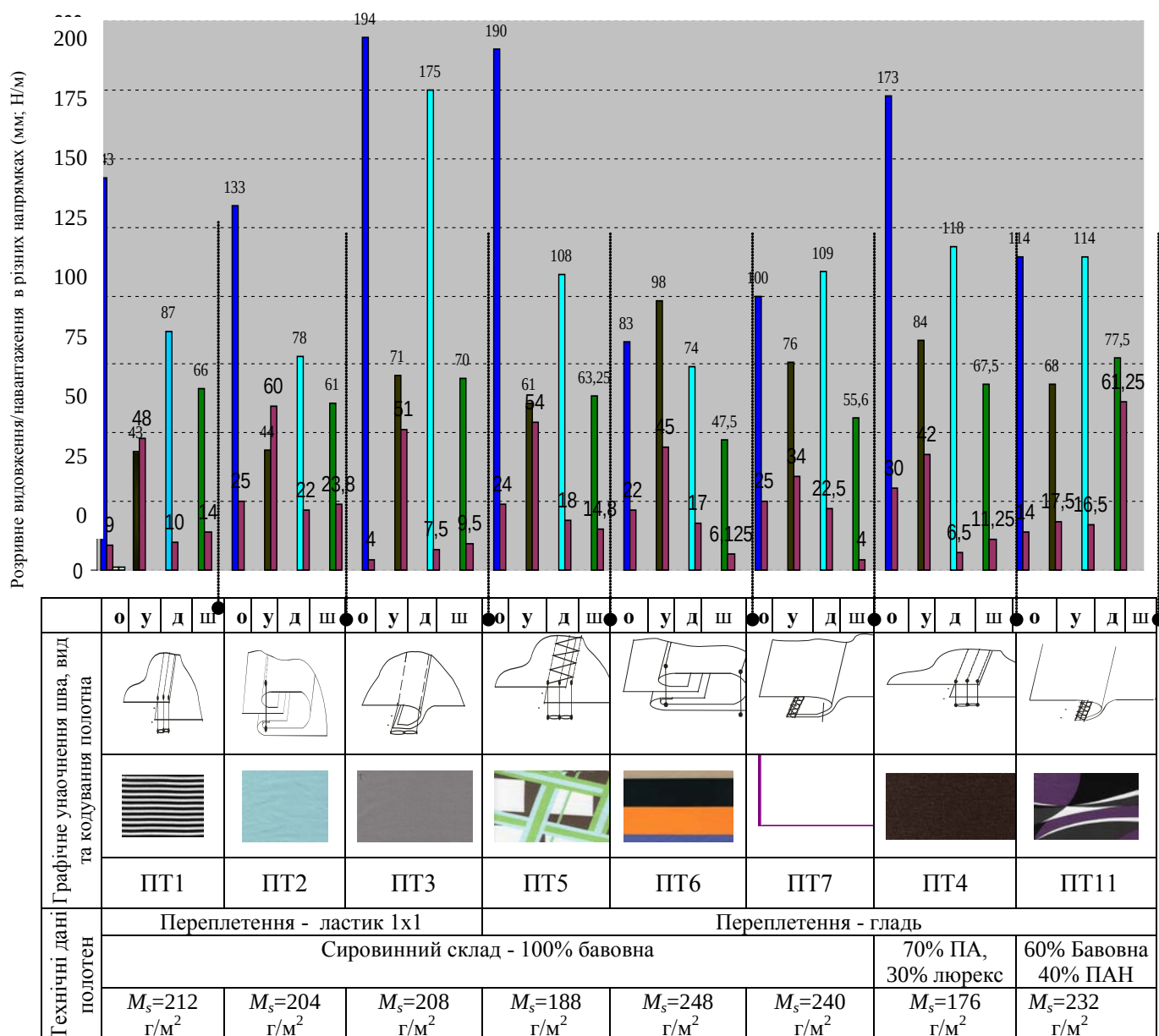
Складність технічної довершеності трикотажного виробу спричинена специфікою таких його негативних показників як розпускальність, закручуваність і значна зсідальність полотна, які залежать від виду сировини, структури пряжі та ниток, виду переплетення, щільності в'язання, довжини та форми петлі (відкрита чи замкнута петля). Також частим є перекіс петельних рядів і петельних стовпчиків, тобто зміщення кута нахилу петельного ряду або петельного стовпчика від умовних ліній, прокладених перпендикулярно до поперечного згину ниток і вертикального розміщення стовпчиків.

В роботі встановлено, що визначальними факторами для трикотажних виробів повсякденного призначення (на прикладі асортименту – блузка жіноча) є забезпечення формостійкості та стабільності лінійних розмірів виробу з врахуванням різних за величиною деформаційних навантажень на полотно та ниткові з'єднання (шви). Поруч з цим спільним для всіх видів швів, що використовуються при виготовленні блузок з полотна, є: забезпечення рівності строчки, дотримання оптимальної щільності обметування, закріплення кінців всіх строчок та відповідність розтяжності швів величині розтягу полотна.

Виконані дослідження і представлені на рисунку результати розтягу трикотажних полотен в різних напрямках та відповідно шви систематизовані за видом трикотажного полотна, а саме за показниками сировинний склад, переплетення, поверхнева щільність. Це означає, що встановлені показники надійності для кожного із вибраних сучасних трикотажних матеріалів є рекомендаціями при виборі того чи іншого виду ниткового з'єднання. Найбільш доцільні для кожного виду полотна графічно унаочнені стовпчиковою діаграмою (рис.). Водночас окреслюються можливості для вибору більш оптимального чи раціонального методу обробки основних з'єднань сучасних трикотажних матеріалів.

Таким чином, в роботі визначено вид та область застосування ниткових з'єднань для сучасних трикотажних виробів з врахуванням основних деформаційних характеристик розтягу, як базової для властивості надійності. Є можливість вибору варіантів швів, маючи інформацію щодо величин розтягу в різних напрямках та відповідно різних їх конфігурацій.

Висновки. Враховуючи розмаїття асортименту трикотажу, його нових властивостей, методів оздоблення, виду переплетення, особливостей виробництва пряжі, ниток та полотна, можна відмітити важливість формування особливостей технологічного процесу на основі встановлення значень показників якості матеріалів. Вирішення завдання щодо удосконалення технології виготовлення трикотажних виробів на основі основних показників якості матеріалів відповідно до регламентованих та рекомендованих вимог і встановлених споживчих переваг мають практичну цінність.



Діаграми розтягу трикотажних полотен та швів

Показано, що, враховуючи важливість забезпечення рівня якості вітчизняних швейно-трикотажних виробів, актуальними є дослідження, які спрямовані на систематизацію і узагальнення основних деформаційних характеристик, які можуть бути використані для формування технічного рівня якості готових виробів.

Візуалізовано результати досліджень показників розтягу сучасних трикотажних полотен та швів, використання яких дозволить з'ясувати суть вибору компромісних рішень щодо методів обробки та при необхідності, оптимізувати як власне конструкторсько-технологічні рішення виробів, так і сам технологічний процес.

Список використаної літератури

1. Білей-Рубан Н.В. Оцінка якості ниткових з'єднань трикотажних виробів за деформаційними характеристиками / Н.В. Білей-Рубан, Е.А. Скиталінська // Вісник ХНУ–2007. – № 3. – С. 132–135.
2. Білоусова Г.Г. Методи обробки швейних виробів / Г.Г. Білоусова, М.В. Колосніченко, Л.О. Масловська, А.В. Курганський. – К.: МВЦ «Медінформ», 2007. – 292 с.
3. Конопальцева Н.М. Конструирование и технология изготовления одежды из различных материалов. Ч. 2: Технология изготовления одежды / Н.М.Конопальцева, Н.А. Крюкова, П.И. Рогов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
4. Ломакина Н.А. От автоматизации проектирования к технологиям информационной поддержки изделия / Н.А. Ломакина, В.В. Семёнова. // Швейная промышленность – 2007, № 5. – С. 44-45.
5. Шамов М.Ю. Методы оценки производительности технологического оборудования в поточных линиях / М.Ю. Шамов, И.С. Зыков, А.В. Голубчикова, Е.В. Павлюченко, П.М. Мовшович // Швейная промышленность – 2014, № 1.- С.26–27
6. Шершнева Л.П. Инновации в формировании и оценке качества изделий швейного производства / Л.П. Шершнева, С.Г. Сунаева. // Швейная промышленность – 2014, № 1. – С. 34 – 36.
7. Шеромова И.А. Исследование деформационных характеристик высокоэластичных материалов посредством цифровых технологий / И.А. Шеромова, А.В. Новикова, А.С. Железняков // Швейная промышленность – 2008, № 2.- С. 45 - 46.

НАДЕЖНОСТЬ НИТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ КАК ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОДЕЖДЫ БИЛЕЙ-РУБАН Н.В.

Мукачевский государственный университет

Цель. Статья посвящена усовершенствованию технологии изготовления трикотажных изделий на основе исследования деформационных показателей ниточных соединений как весомой характеристики технического уровня качества изделий и их эксплуатационной долговечности.

Методика. Исследования проводились с использованием методов текстильного материаловедения и математического моделирования с визуализацией результатов.

Результаты. Получены результаты исследований показателей растяжимости современных трикотажных полотен и швов, использование которых является основой выбора методов обработки для оптимизации технологического процесса изготовления трикотажных изделий.

Научная новизна. Определены особенности показателей надежности ниточных соединений по деформационным характеристикам с учетом свойств современных трикотажных полотен.

Практическая значимость. Полученные результаты дают возможность на этапе конструкторско-технологической подготовки производства трикотажных изделий грамотно сделать подбор ниточных соединений для трикотажных изделий блузочного ассортимента, а также определять их технологические особенности.

Ключевые слова: *технический уровень качества, деформационные характеристики, трикотажные изделия.*

**THE RELIABILITY OF THREAD CONNECTIONS OF KNITWEAR AS A
CHARACTERISTIC OF TECHNICAL LEVEL OF CLOTHING QUALITY**

BILEI-RUBAN N. W.

Muckachevo State University

Purpose. The article is dedicated to improve the manufacturing technology of knitwear from the studies of deformation indicators of thread connections which are a weighty characteristic of a technological level of manufacturing quality of products and their durability of exploitation.

Methodology. The study was conducted using methods of textile materials science and mathematical modeling and visualization.

Findings. Obtained research of stretching indicators of modern knitted fabrics and seams, the use of which is the basis for the choice of processing methods to optimize the process.

Originality. The peculiarities of reliability indexes thread connections for deformation characteristics considering the properties of modern knitted fabrics are determined.

Practical value. The obtained results give opportunity to carry out the correct selection of thread connections for knitwear products blouses range on stage of design and technological preparation of knitwear production and to determine their technological features.

Keywords: *technical quality, deformation characteristics, knitwear.*

УДК 677.054

СВСТРАТЕНКО І.Г., ГАЛАГАН Р.М.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Аналіз методів визначення вологості текстильних матеріалів. Вибір оптимального методу є важливою задачею, вирішення якої надає можливість проводити експрес-контроль якості готової продукції на текстильному виробництві.

Методика. Використано системно-структурний аналіз у вивченні наукових літературних джерел.

Результат. Досліджено прямі і непрямі методи контролю вологості текстильних матеріалів.

Наукова новизна. Запропоновано використання неруйнівного методу експрес-контролю вологості текстильних матеріалів на основі ємнісного методу.

Практична значимість. Запропоновано оптимальний метод визначення вологості текстильних матеріалів в процесі виробництва.

Ключові слова: вологість, методи контролю, вимірювання вологості, текстильні матеріали.

Вступ. На текстильному виробництві, де облік сировини, пряжі і якості готових тканин оцінюються за їх масою, контроль вологості необхідний на всіх етапах виробництва [1]. Вміст води в текстильних матеріалах суворо регламентується стандартами. Зайва вологість підвищує їх вартість, тому що споживачеві доводиться оплачувати не чисту вагу матеріалу, а вагу матеріалу з вологою. Окрім цього, підвищена вологість робить більш дорогим і перевезення матеріалів, оскільки окрім самого матеріалу доводиться оплачувати і перевезення води [2]. Тому контроль вологості необхідний для правильного розрахунку кількості матеріалу та забезпечення необхідної якості продукції.

Постановка завдання. Для визначення найбільш ефективного методу експрес-контролю вологості тканин необхідно розглянути існуючі методи, проаналізувати та оцінити їх недоліки та переваги, обрати найбільш ефективний.

Результати дослідження. Аналізу та розробці ефективних методів і засобів контролю вологості різноманітних матеріалів присвячена велика кількість як закордонних, так і вітчизняних робіт [3, 4, 5, 6]. Загалом методи вимірювання вологості можна поділити на прямі, які ґрунтуються на розділенні досліджуваної тканини на вологу частину та сухий залишок, та непрямі, в яких вологість досліджуваної тканини визначають за допомогою фізично пов'язаних величин [4, 7].

За способом виділення води з матеріалу прямі методи, які використовують на виробництві та в умовах лабораторії, діляться на термогравіметричний, дистиляційний, екстракційний та хімічні методи [2].

При контролі термогравіметричним методом відбувається висушування проби матеріалу при певній температурі до постійної маси, яка приймається за суху масу, а різниця між початковою та кінцевою масою приймається за масу води. Вологість визначається за формулою [3]:

$$\gamma = \frac{m - m_c}{m_c} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де m – початкова маса матеріалу, m_c – кінцева маса матеріалу після висушування.

Дистиляційний метод вимірювання вологості полягає в нагріванні зразка, який досліджується, в посудині з певною рідиною, яка не змішується з водою. Пари води, які виділяються при нагріванні, і пари рідини піддаються перегонці в холодильнику, конденсована в ньому вода стікає в посудину, в якій вимірюється її об'єм (дистиляційно-волюмометричний метод) або маса (дистиляційно-гравіметричний метод)[4].

Екстракційні методи вимірювання вологості засновані на ефекті вилучення вологи з матеріалу за допомогою вологопоглинаючої речовини (екстрагента), в якості яких використовують переважно спирти та діоксани [4].

Хімічні методи засновані на взаємодії матеріалу з реагентом, що вступає в хімічну реакцію тільки з вологою, яка є в матеріалі. Кількість вологи в матеріалі визначається за кількістю рідкого або газоподібного продукту реакції.

Хоча перераховані вище прямі методи володіють достатньою точністю вимірювання вологості, проте основним недоліком, який унеможлиблює їх використання для проведення оперативного контролю в умовах виробництва є тривалий час вимірювання, необхідність відбору та спеціальної підготовки проб матеріалу і достатньо складні технічні засоби [8].

Для оперативного контролю вологості тканин як в лабораторних, так і виробничих умовах все більш широке застосування знаходять непрямі методи вимірювання вологості, при яких безпосереднє вимірювання вмісту вологи досліджуваного матеріалу замінюється вимірюванням іншої фізичної величини, зміна якої функціонально пов'язана зі зміною вологості досліджуваного матеріалу. Непрямі методи забезпечують оперативність вимірювання, неруйнівний контроль та високу чутливість до змін вологості [9]. До непрямих методів належать: кондуктометричні, діелькометричні (НВЧ, ємнісний, термоелектричний), радіаційні, ЯМР та оптичні методи.

Визначення вологості з використанням НВЧ методу базується на аналізі електромагнітних хвиль, які відбиваються або проходять через матеріал. Як інформаційний параметр використовуються: амплітуда, фаза, кут повороту площини поляризації лінійно-поляризованої площини електромагнітної хвилі. Основним недоліком цього методу є його чутливість не тільки до вологи, але і до товщини матеріалу, до наявності інших домішок розчинників та барвників. НВЧ вологоміри не отримали поки що широкого розповсюдження через складність і високу вартість обладнання [10].

Серед радіаційних методів можна виділити нейтронний та рентгенівський. Фізичною основою нейтронного методу є сповільнення ядрами водню, що є у вологому матеріалі, швидких нейтронів, які гублять частину своєї енергії і перетворюються в повільні чи теплові із значно меншою енергією. Рентгенівський метод більш чутливий, ніж нейтронний, через сильне поглинання вологою рентгенівського випромінювання, джерелом якого є рентгенівська трубка. Метод придатний для дослідження розподілу вологи по об'єму зразка в процесі сушіння чи зволоження. Очевидним недоліком, який не дозволяє використовувати радіаційні методи на виробництві, є необхідність біологічного захисту оператора, що проводить контроль.

Одним із перспективних методів аналізу текстильних матеріалів є ядерний магнітний резонанс. Явище ЯМР засновано на поглинанні або випусканні енергії при переходах ядер між різними енергетичними станами [11]. Однак висока вартість, складність (а отже, і потреба у висококваліфікованому обслуговуванні) обмежують поки що сферу використання таких вологомірів [12].

Оптичні методи полягають у дослідженні залежності оптичних властивостей матеріалів від вмісту вологості. Для твердих матеріалів використовуються інфрачервона і видима області спектра. Перевагою оптичних методів є безконтактність вимірювань, низька залежність від температури навколишнього середовища, неперервність контролю, можливість інтегральної оцінки вологості у великих об'ємах [13]. Широкого застосування на текстильному виробництві оптичні методи не здобули, оскільки вони потребують складного апаратного забезпечення, особливо якщо необхідна висока точність вимірювань.

Кондуктометричний метод заснований на залежності питомої, об'ємної провідності, що вимірюється на постійному струмі, від вмісту води. Недоліком методу є значна похибка вимірювання (6-8%), обумовлена тим, що питома електропровідність, окрім вмісту води в речовині, дуже сильно залежить від його в'язкості, концентрації електроліту, структури і температури. Даний метод застосовується зрідка і в тих випадках, коли не вимагається висока точність.

Ємнісний метод вимірювання вологості тканин заснований на тому, що діелектрична проникливість вологої тканини є лінійною функцією її вологоутримання, зазвичай вираженою у відсотках. Тому що діелектрична проникливість сухої тканини зазвичай невелика (2,0-5,0), а діелектрична проникливість води значно більше (81,0), то навіть при невеликій зміні вмісту води в тканині відбувається відчутна зміна діелектричної проникливості матеріалу [14].

У вимірювальній схемі ємнісного вологоміра (рис. 1), що працює на принципі визначення діелектричних втрат, ємність конденсаторного перетворювача визначається за допомогою паралельного резонансного контуру, що складається з індуктивності L і змінної ємності C_0 . Контур зв'язаний з генератором високочастотних коливань через індуктивний чи ємнісний зв'язок. Резонанс в контурі досягається за допомогою змінного конденсатора C_0 , а діелектричні втрати реального матеріалу можуть бути представлені опором R_x , який шунтує вимірювану ємність C_x . Як індикатор резонансу використовують вольтметр V [14].

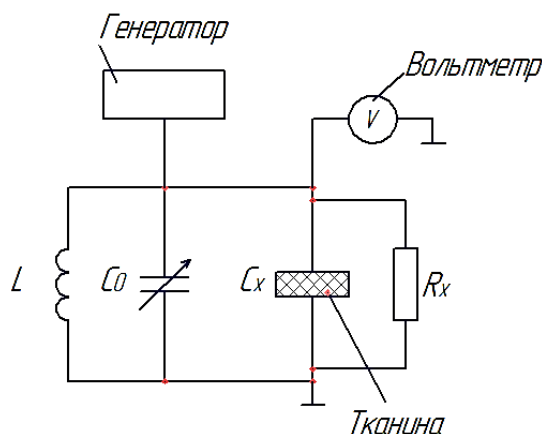


Рис. 1. Схеми ємнісного вологоміра

До недоліків ємнісного методу можна віднести неможливість вимірювання вологості тканин з великими діелектричними втратами, тому що внесення проби матеріалу в коливальний контур обумовлює зрив генерації.

Проведений аналіз показує, що найбільш придатними для проведення експрес-контролю вологості в даний час є оптичний та ємнісний метод. Оптичні вологоміри мають складну реалізацію блоків випромінювання / прийому (використання системи дзеркал, лінз, світлофільтрів, механічних частин модулятора та ін.), залежність потоку випромінювання від вологості оточуючого середовища та подекуди низьку чутливість [4]. Основний недолік оптичних вологомірів полягає в тому, що вологість вимірюється в поверхневому шарі, коли неоднорідність розподілення вологи по поверхні та в досліджуваній речовині, може стати причиною значних похибок вимірювання [15]. При цьому ємнісні вологоміри мають більш просту реалізацію, не поступаючись значно в точності оптичним. Вимірювання вологості ємнісним методом можна вважати миттєвою і відносно безконтактною процедурою, що дає можливість автоматизувати процеси контролю вологості, а також створити системи автоматичного управління для технологічних процесів виробництва.

При проведенні аналізу за даною тематикою, було виявлено, що сучасних розробок ємнісних вологомірів для експрес-контролю вологості на текстильному виробництві практично немає. Більше того, кожен вологомір повинен проектуватись під конкретні задачі і виробництва (універсальних вологомірів на даний момент не існує). Аналіз показує, що теоретичні основи ємнісних методів вимірювання вологи описані докладно в літературних джерелах, також докладно описана вимірювальна схема [2, 5, 12]. Проте слабкою ланкою є реалізація ємнісних витратомірів на застарілій елементній базі. Тому перспективним напрямком залишається модернізація вимірювальної схеми ємнісного вологоміра за допомогою сучасних розробок, яка буде враховувати параметри досліджуваного матеріалу та фактори навколишнього середовища, які також впливають на проведення контролю вологості.

Аналіз робіт [16, 17, 18, 19] дозволяє синтезувати вимоги до конструкції первинного перетворювача, вимірювальної схеми, каналів передачі та модулів обробки і збереження даних, а також розробити заходи по зменшенню впливу на результат вимірювання дестабілізуючих факторів, що дозволить зменшити сумарну похибку вимірювання вологості.

Перспективним напрямком при розробці ємнісних вологомірів є застосування технології прямого цифрового синтезу (Direct Digital Synthesis, або DDS), що знаходить широке застосування у вимірювальному, тестовому та комунікаційному обладнанні. DDS забезпечує цифрове керування амплітудою та фазою сигналу з високою роздільною здатністю (причому частота, амплітуда і фаза сигналу в будь-який момент часу точно відомі і підконтрольні). DDS дає можливість надзвичайно швидкої зміни частоти (або фази), а також переналаштовування за частотою без розриву фази, без викидів та інших аномалій, пов'язаних з часом встановлення. До того ж, цифровий інтерфейс дозволяє легко реалізувати мікроконтролерне керування мікросхемами DDS. Використання в якості збуджувача генератора мікросхеми DDS дозволить розширити можливості налаштування вимірювального контуру ємнісного вологоміра та оперативного переналаштовування контуру в процесі контролю вологості.

Другою важливою задачею є оптимізація параметрів каналу вимірювання резонансних характеристик контуру, особливо попереднього підсилювача та аналого-цифрового перетворювача.

Висновки. За наведеним оглядом та аналізом можна відзначити наступні особливості методів вимірювання вологості текстильних матеріалів:

1. Прямі методи вимірювання вологості тканин придатні для використання у приладах лабораторного застосування, оскільки вони вимагають значних затрат часу та необхідність відбору і спеціальної підготовки проб матеріалу.

2. Експрес-контроль на виробництві можуть забезпечити непрямі методи вимірювання вологості, серед яких виділено ємнісний, тому що він забезпечує достатню точність вимірювання та простий в реалізації.

3. Хоча теоретичні основи ємнісних методів вимірювання вологості описані докладно, проте актуальним залишається завдання удосконалення вимірювальної схеми ємнісного вологоміра.

Список використаної літератури

1. Steve Hale. The importance of humidity control in textile processing [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.condair.co.uk/knowledge-hub/the-importance-of-humidity-control-in-textile-processing> (дата звернення 25.05.2015). – Назва з екрана.
2. Мелкумян В.Е. Измерение и контроль влажности материалов / В.Е. Мелкумян. – М. Издательство комитета стандартов, 1970. – 139 с.
3. Контроль влажности текстильных материалов / А.Б. Брут-Бруляко, В.Г. Кравченко, М.Ю. Таратин // Научный вестник КГТУ. – 2009. – №2 (21). – С. 1-5.
4. Богачук В.В. Методи та засоби вимірювального контролю вологості порошкоподібних матеріалів: монографія / В.В. Богачук, Б.І. Мокін. – Вінниця, 2008. – 141 с.
5. Осадчук В.С. Частотні перетворювачі для контролю вологості нафтопродуктів: монографія / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. С. Звягін. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 152 с.
6. R. Wernecke, J. Wernecke, Industrial Moisture and Humidity Measurement: A Practical Guide, Publisher: Wiley VCH, 2014, 520 p. – ISBN: 3527331778.
7. Йордан Г.М. Методи та обладнання для визначення вологості, що використовуються в засобах автоматизації процесів висушування / Г. М. Йордан // Квалілогія книги. - 2010. - № 2. - С. 67-76. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kk_2010_2_14
8. Мухитдинов М. Оптические методы и устройства контроля влажности / М. Мухитдинов, Э.С. Мусаев. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 96 с.
9. Берлинер М.А. Измерение влажности: Изд. 2-е, перераб. и доп. / М.А. Берлинер. – М.: «Энергия», 1973. – 400 с.
10. Исмагулаев П.Р. Сверхвысокочастотная влагометрия и проблемы метрологического обеспечения. / П.Р. Исмагулаев, П.И. Каландаров // Приборы. – 2011. - №7. – С. 40-44.
11. Грушка І.Г. Методи і засоби вимірювання вологості матеріалів та середовищ / І.Г. Грушка // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 2005. - №254. – С. 169-187.

12. Кричевский Е.С. Контроль влажности твердых и сыпучих материалов / Е.С. Кричевский, А.Г. Волоченко, С.С. Галушкин; под ред. Е.С. Кричевского. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
13. Кричевский Е.С. Теория и практика экспресного контроля влажности твердых и жидких материалов / Е.С. Кричевский, В.К. Бензарь, М.В. Венедиктов [и др.]; под ред. Е.С. Кричевского. – М.: Энергия, 1980. – 240 с.
14. Лапшин А.А. Электрические влагомеры / А.А. Лапшин. – М.: Госэнэргоиздат, 1960. – 117 с.
15. Осадчук В.С. Проблеми вимірювання вологості нафтопродуктів та метод підвищення його точності, В.С. Осадчук, О.В. Осадчук, О.С. Звягін // Нові технології. Науковий вісник КУЕІТУ. – 2010. – №1(27). – С. 135-139.
16. Пат. 61037 Российская Федерация, МКІ G 01 N 27/22. Устройство для измерения влажности кожевенного сырья / Д. С. Лычников, М.В. Антонова, Н. В. Берлова, И. М. Гордиенко, Л. К. Земцова, С. А. Крылова, Н. П. Кутепова, Г. В. Луковенко, А. И. Сапожникова; заявитель и патентообладатель Московская гос. акад. вет. медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина. – № 2006138176/22; заявл. 12.02.2006; опубл. 30.10.2006; Бюл. № 17.
17. Пат. 12664, МПК D06H 3/12. Пристрій для контролю вологості тканини / О.М. Баржник, Г.В. Рудакова, М.Б. Єдинович, Ю.С. Решетняк, М.А. Сагірова, М.С. Руденко, Л.В. Веселовський, О.В. Смаглюк; заявник та патентовласник Херсонський держ. тех. ун-т. – № u200508370; заявл. 29.08.2005; опубл. 15.02.2006; Бюл. № 2.
18. Рудик А.В. Застосування амплітудно-фазового методу для вимірювання вологості речовин / А.В. Рудик, В.А. Рудик // Методита прилади контролю якості. – 2013. – №2(31). – С. 29-35.
19. Sheetal B. Kamble, Uday A. Patil CAN based System for Monitoring and Controlling Humidity and Temperature in Textile Industry, IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE), Volume 10, Issue 6 Ver. I (Nov – Dec. 2015), PP 98-102.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ЕВСТРАТЕНКО И.Г., ГАЛАГАН Р.М.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Цель. Анализ методов определения влажности текстильных материалов. Выбор оптимального метода является важной задачей, решение которой позволяет проводить экспресс-контроль качества готовой продукции на текстильном производстве.

Методика. Использовано системно-структурный анализ в изучении научных литературных источников.

Результаты. Исследованы прямые и косвенные методы контроля влажности текстильных материалов.

Научная новизна. Предложено выполнения неразрушающего метода экспресс-контроля влажности текстильных материалов на основе емкостного метода.

Практическая значимость. Предложен оптимальный метод определения влажности текстильных материалов в процессе производства.

Ключевые слова: влажность, методы контроля, измерение влажности, текстильные материалы.

ANALYSIS METHODS OF HUMIDITY CONTROL OF TEXTILE MATERIALS

YEVSTRATENKO I.H., GALAGAN R.M.

National technical university of Ukraine «Kiev polytechnic institute»

Purpose. Analysis methods of determining moisture of textile materials. Choosing the best method is an important task, whose solution provides the ability to conduct rapid quality control of finished products for the textile industry.

Methodology. Used system-structural analysis in the study of scientific literature.

Findings. Researched the direct and indirect methods of humidity control of textile materials.

Originality. Chosen as the most suitable for rapid control of textile manufacturing non-destructive method of humidity control of textile materials.

Practical value. Proposed optimum method for determining humidity of textile materials in the production process.

Keywords: humidity, methods of control, measurement of humidity, textiles.

УДК 676(477)

КРУГЛИЙ Д. Г.

Херсонський національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ СИРОВИННОЇ БАЗИ ДЛЯ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

Мета. Оцінка придатності й економічної доцільності використання однорічних рослин, які вирощуються в Україні, для одержання целюлози для забезпечення целюлозно-паперових підприємств дешевою та якісною сировиною.

Методика. В роботі для визначення відсоткового вмісту целюлози використано метод Вільштеттера-Шудля.

Результати. Проаналізовано відсотковий вміст целюлози, урожайність і площі посівів солом риси, гречки, льону олійного та технічних конопель.

Наукова новизна. Вперше обґрунтовано імпортозаміщення целюлози за допомогою її одержання з солом однорічних рослин, які в достатній кількості вирощуються на території України.

Практична значимість. Відродження виробництва целюлози з однорічних рослин сприятиме забезпеченню економічної незалежності України у виробництві целюлозовмісних матеріалів і збільшенню зайнятості сільгоспвиробників та працівників інших галузей промисловості. Це дасть можливість повністю забезпечити паперові підприємства України власною сировиною і знизити імпортозалежність нашої держави на \$ 209898 тис

Ключові слова: солома, однорічні рослини, целюлоза, целюлозно-паперова промисловість.

Вступ. У сучасних умовах господарювання в Україні особливої актуальності набуває питання створення власної сировинної бази, здатної забезпечити потреби вітчизняних паперових підприємств у повному обсязі. Так, на даний час целюлозно-паперова промисловість України об'єднує близько 100 підприємств із виробництва паперу, картону і виробів з них, разом з переробниками, трейдерами, науковими, монтажними та спеціалізованими торгівельними організаціями всього налічується 300. При цьому підприємства даної галузі працюють на дорогій імпортній сировині. При імпорті 1577,1 тис. т обсяг експорту української картонно-паперової продукції становить близько 400 тис. т [1-3]. Це пояснює високу вартість целюлозно-паперової продукції в Україні, а, отже, і низький рівень споживання картонно-паперової продукції на душу населення в нашій державі [4].

Таке становище пояснюється порівняно невеликою кількістю лісів в Україні, недоцільністю їх переробки на целюлозу. Разом з тим зі світового і вітчизняного досвіду відомо, що гідною альтернативою деревній целюлозі може стати целюлоза з однорічних рослин.

Постановка завдання. У багатьох країнах для виробництва целюлози поряд з деревиною хвойних і листяних дерев активно використовують однорічні рослини.

Так, целюлозно-паперова промисловість Китаю використовує 30% недеревної целюлози в загальному обсязі виробництва [4]. У США та Канаді переробляють солом льону та конопель для виробництва целюлози з метою одержання філігранних та інших тонких видів паперу, які потребують підвищеної міцності. Даний вид целюлози використовують для одержання якісного паперу, а також грошових знаків [5]. У Росії є

наукові розробки одержання целюлози з багаторічних рослин, які швидко ростуть, а саме, міскантусу [7].

Загальновідомо, що сировиною для одержання паперу є однорічні волокнисті рослини: бавовна, льон, коноплі, рамі, джут та солома злакових культур: пшениці, жита, рису, еспарто, тростини [6]. В останніх дослідженнях показана придатність для виробництва целюлози навіть борщовика Сосновського («трави Геракла») [7], соломи та плодових оболонку рису, вівса, гречки, соломи олійних культур: рапсу та сої. Але способи одержання целюлози з дерев хвойних порід непридатні для отримання целюлози з однорічних рослин через різницю в анатомічній будові та хімічному складі. Отже, для одержання целюлози з однорічних рослин необхідно провести ретельний аналіз існуючих способів та експериментально визначити технологію первинної підготовки стебел до хімічної обробки. Все це потребує додаткових ґрунтовних наукових досліджень, а отже, і великих матеріальних витрат.

Для того, щоб оцінити придатність і економічну доцільність використання однорічних рослин, які вирощуються в Україні, для одержання целюлози необхідно проаналізувати вміст целюлози, урожайність соломи, площі посівів кожного виду рослин, тим самим встановити можливість забезпечення целюлозно-паперових підприємств України власною сировиною.

Результати дослідження. Проаналізуємо вміст целюлози, урожайність і площі посівів найбільш придатних, на нашу думку, рослин, для одержання целюлози, таких як солома рису, гречки, льону олійного та технічних конопель.

Вміст целюлози визначали за допомогою методу Вільштеттера-Шудля, який базується на перетворенні целюлози шляхом гідролізу в глюкозу [5]. Цей метод ґрунтується на тому, що глюкозу, одержану в результаті гідролізу, окислюють йодом у лужному середовищі. Рівняння реакції має вигляд:



Для титрування відбирали 50 мл фільтрату, що містить гідролізовану целюлозу у формі глюкози. Повторність досліду дорівнювала 5. Помилка досліду становила 0,1%. Вміст целюлози обчислювали за формулою:

$$Ц = \frac{G_2 \times K}{G_B \times \frac{100 - K}{100}}, \quad (2)$$

де G_2 – маса глюкози в пробі волокна, г;

G_B – початкова маса волокна, г;

K – співвідношення відносних молекулярних мас елементарної ланки целюлози та глюкози.

Рис і гречка вирощуються в Україні в досить великій кількості. Це пов'язано з тим, що вони відносяться до основних круп'яних культур, які складають продуктивний запас нашої держави. Солома рису в Україні використовується нерационально. Так, через великий вміст мікроелементів її не можна використовувати як корм. Через невелику кількість фермерських господарств, які займаються вирощуванням худоби, використання соломи на підстилку не покриває всіх об'ємів. Тому, досить велика кількість соломи рису спалюється на полях. Солома гречки використовується в якості корму для свійських тварин.

На жаль, солома льону олійного, як і солома рису, не має промислового застосування в нашій державі.

Така цінна культура, як технічні коноплі, в Україні майже забута. Це пов'язано з проблемою наркоманії. В останні роки, завдяки селекції нових однодомних сортів конопель, її було вирішено. З 2010 року відмінено охорону посівів однодомних конопель з відсутністю тетрагідроканнабінолу в складі стебел, листя та насіння рослини, тому є надія на відродження коноплярства в Україні.

На рис. 1 подані статистичні дані площ посівів названих однорічних культур в Україні [8].

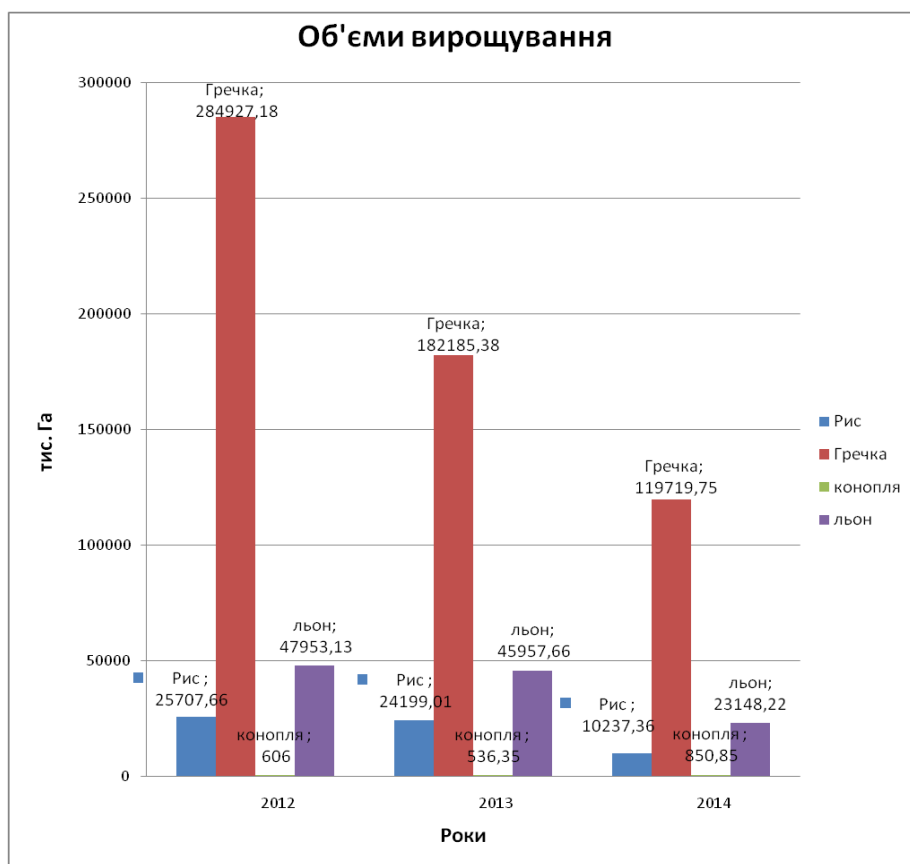


Рис. 1. Посівні площі гречки, рису, льону олійного, конопель в Україні за 2012-2014 рр.

Як видно з діаграми, представленої на рис. 1., найбільші площі посівів з наведеної низки культур займає гречка, в середньому за три роки з 2012-2014 посіви даної культури склали 195610,77 тис. га. Друге місце за площами посівів займає льон олійний, в середньому за три роки – 39019,67 тис. га. Площі рису в середньому 2012-2014 роки склали – 20048,01 тис. га. Останнє місце за посівами займає найцінніша за своїми целюлозовмісними властивостями культура – коноплі, в середньому за три роки вони склали 664,4 тис. га.

На рис. 2 подані статистичні дані урожайності соломи названих однорічних культур [8].

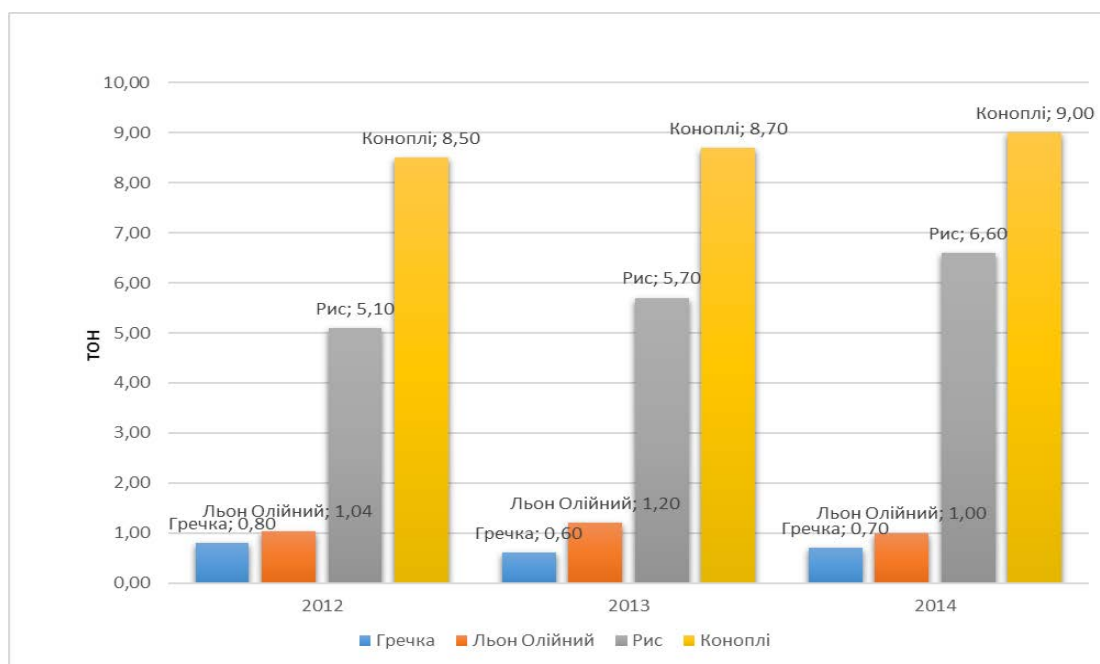


Рис. 2. Урожайність соломи гречки, рису, льону олійного та конопель у період 2012-2014 рр. (т/га)

Аналіз даних діаграми, зображеної на рис. 2, дає можливість зробити висновок, що за урожайністю соломи конопль займають перше місце, на другому місці – рис, льон олійний посідає третє місце, а гречка – на останньому.

Дані з урожайності соломи, розглянутих однорічних рослин, за роками 2012-2014 представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Потенційні об'єми одержання целюлозовмісної сировини
з однорічних рослин**

Культура	Урожайність соломи, тис. т		
	2012	2013	2014
Коноплі	5151	4666,25	7657,65
Рис	131109,066	137934,357	67566,576
Льон олійний	49871,26	55149,192	22222,2912
Гречка	227941,744	109311,228	83803,825

Таким чином, якщо підрахувати, в Україні урожайність соломи конопель в середньому за три роки становила - 5824,97 тис. т, рису – 314903,333 тис. т, льону олійного – 42414,25 тис. т, гречки – 140352,3 тис. т.

Для того, щоб обґрунтувати доцільність і необхідність переробки соломи даних культур для одержання целюлози, нами було проаналізовано відсотковий вміст целюлози в соломі цих однорічних рослин.

З літературних джерел відомо, що в соломі рису міститься до 44 % целюлози, у соломі гречки – до 30%. За експериментальними даними вчених ХНТУ було визначено, що вміст целюлози у льоні олійному становить близько 60%, а у волокні технічних конопель – 65 % [5].

Знаючи середню урожайність соломи розглянутих однорічних рослин і відсотковий вміст целюлози в ній, можна підрахувати кількість целюлози, яку можна отримувати в Україні. Вміст целюлози у соломі рису, гречки, льону олійного та конопель наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Вміст целюлози в соломі рису, гречки, льону олійного та конопель

Культура	Вміст целюлози в соломі, %	Середня кількість соломи, тис. т/рік	Кількість целюлози, тис. т
Рис	44	314903,3	138557,5
Гречка	30	140352,3	42105,7
Льон олійний	60	42414,3	25448,6
Коноплі	65	5825,0	3786,2

До 90-х років на території нашої держави працювали потужні целюлозні підприємства: Херсонський целюлозно-паперовий комбінат, Ізмаїльський та Жидачівський. На цих підприємствах отримували високоякісну целюлозу з імпортованої деревної сировини.

На жаль, на даний час целюлозне виробництво в Україні повністю відсутнє. За даними Державного комітету статистики в Україні працюють понад 300 провідних целюлозно-паперових та переробних підприємств, які щорічно імпортують близько 50 тис. т целюлози на 45 млн. доларів. Якщо б в Україні було налагоджено виробництво целюлози з однорічних рослин і перероблялася вся кількість соломи в целюлозу згідно даних таблиці 2, то можна було б отримувати близько 210 тис. т целюлози щорічно. Тому перш за все для забезпечення українських виробників вітчизняною сировиною необхідно відродити виробництво целюлози з однорічних рослин. В результаті чого, вітчизняна целюлозно-паперова промисловість повністю могла б бути забезпечена власною целюлозою і навіть її експортувати.

Висновки. На даний час в Україні є потенційні сировинні ресурси для відродження власного целюлозного виробництва. Кількість соломи, яка на даний час не використовується, проте є сировиною для отримання целюлози, становить 503494,9 тис. т/рік, з якої можна отримати 209898 тис. т целюлози. Це дасть можливість повністю забезпечити паперові підприємства України власною сировиною і знизити імпортозалежність нашої держави на \$ 209898 тис.

В подальших наукових дослідженнях необхідно зосередитись на первинній обробці соломи вказаних однорічних рослин і підготовці цієї сировини до подальшої хімічної обробки з метою одержання целюлози.

Необхідно провести дослідження якості отриманої целюлози і залежно від отриманих результатів визначити сфери її подальшого використання.

Список використаних джерел

1. Сумарний обсяг імпорту та експорту окремих груп товарів за кодами ТНЗЕД [Електронний ресурс] Офіційний сайт Державної митної служби України. – Режим доступу: <http://arc.customs.gov.ua/dmsu/control/cstat/f2a/showstat>.

2. Україна втрачає мільйони доларів на купівлю макулатури за кордоном [Електронний ресурс] за даними сайту Зелена хвиля. – Режим доступу: <http://ecoclubua.com/2011/01/ukrajina-vytrachaje-miljony-dolariv-na-kupivlyu-makulatury-za-kordodom>.
3. Содружество бумажных оптовиков [Електронний ресурс].- Режим доступу: http://www.sbo-paper.ru/news/archive_world/39476/.
4. Целлюлозно-паперова промисловість України [Електронний ресурс] за даними сайту Міністерства закордонних справ. – Режим доступу: <http://www.mfa.gov.ua/data/upload/publication/uk/ua/12752/32/4.htm>.
5. Садов Ф. И. Лабораторный практикум по химической технологии волокнистых материалов. – М.: Лёгкая индустрия, 1995. – 349 с.
6. Карпунин И.И. Целлюлоза, бумага, картон. 2007. № 7. С.40-43.
7. Денисова М. Н. Гидротропная делигнификация недревесного сырья: дис. канд. техн. наук: 05.21.03. / М. Н. Денисова – Б., 2014. – С. 115.
8. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс].- Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua.
9. Техническая конопля в Украине и других странах. Проблемы и перспективы культивирования, переработки, использования [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://tku.org.ua/>
10. Путінцева С В. Властивості фільтрувального паперу на основі целюлози з волокон льону олійного: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук спец. 05.18.08 – товарознавство непродовольчих товарів / С. В. Путінцева. – Луцьк, 2015. – 20 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ УКРАИНЫ КРУГЛЫЙ Д Г.

Херсонский национальный технический университет

Цель. Оценка пригодности и экономической целесообразности использования однолетних растений, которые выращиваются в Украине, для получения целлюлозы и обеспечения целлюлозно-бумажных предприятий дешевым и качественным сырьём.

Методика. В работе для определения процентного содержания целлюлозы использован метод Вильштеттера-Шудля.

Результаты. Проанализированы процентное содержание целлюлозы, урожайность и площади посевов соломы риса, гречки, льна масличного и технической конопли.

Научная новизна. Впервые обосновано импортозамещение целлюлозы с помощью её получения из соломы однолетних растений, которые в достаточном количестве выращиваются на территории Украины.

Практическая значимость. Возрождение производства целлюлозы из однолетних растений будет способствовать обеспечению экономической независимости Украины в производстве целлюлозосодержащих материалов и повышению занятости сельхозпроизводителей и работников других отраслей промышленности. Это даст возможность полностью обеспечить бумажные предприятия Украины собственным сырьём и снизить импортозависимость нашей страны на \$ 209898 тыс.

Ключевые слова: солома, однолетние растения, целлюлоза, целлюлозно-бумажная промышленность.

PROSPECTS OF CREATION OF A SOURCE OF RAW MATERIALS FOR THE CELLULOSE-AND-PAPER ENTERPRISES OF UKRAINE

KRUGLIY D. G.

Kherson national technical university

Purpose. An assessment of suitability and economic feasibility of use of annual plants which are grown in Ukraine, for receiving cellulose and providing the cellulose-and-paper enterprises with cheap and qualitative raw materials.

Methods. In work for definition percentage contents of cellulose Vilshtetter-Shudl's method is used.

Results. Percentage of cellulose, productivity and acreage of straw of rice, buckwheat, flax olive and technical hemp are analyzed.

Scientific innovation. Import substitution of cellulose by means of her receiving from straw of annual plants which in enough are grown in the territory of Ukraine is for the first time proved.

The practical significance. Revival of production of cellulose from annual plants will promote ensuring economic independence of Ukraine in production of the materials which contain cellulose and increase of employment of agricultural producers and workers of other industries. It will give the chance to completely provide the paper enterprises of Ukraine with own raw materials and to reduce dependence on import of our country by \$209898 thousand.

Keywords: *straw, annual plants, cellulose, cellulose and paper industry.*

УДК 687.05

НАЗАРЧУК Л. В.

Луцький національний технічний університет, Україна

ЯКІСТЬ ТА КОМФОРТНІСТЬ ДИТЯЧОГО ОДЯГУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Мета. *Полягає в формування додаткових вимог при узагальненні конструктивних рішень дитячого одягу.*

Методика. *Огляд і аналізу вимог нормативних документів та дослідження потреб дітей.*

Результат. *Наявність обґрунтованої номенклатури показників якості, за результатами вимірювань яких оцінюється рівень якості дитячого одягу з елементами трансформації дозволить отримати об'єктивну та достовірну інформацію щодо властивостей, характеристик та можливості цієї продукції задовольняти потреби, запити та вимоги як батьків так і дітей.*

Наукова новизна запропоновано номенклатуру показників для оцінювання рівня якості дитячого одягу з елементами трансформації.

Практична значимість Показано, що задачею, яку потрібно вирішити для задоволення потреб, запитів та вимог як батьків так і дітей, є підвищення якості дитячого одягу

Ключові слова: *якість, вимоги, дитячий одяг, елементи трансформації.*

Вступ. Сьогодні більшість людей приділяють велику увагу безпеці, комфортності та якості дитячого одягу, а саме швейним і трикотажним виробам та можливості прогнозування самопочуття дитини в процесі їх ношення. Це зумовлено тим, що верхній одяг безпосередньо впливає на фізичний розвиток дитини та його самопочуття в процесі ношення цього одягу. Тому, й одяг дитини повинен відповідати специфіці ношення і задовольняти потреби та вимоги до такого одягу.

Об'єкти та методи дослідження. З точки зору небезпечності, швейні вироби з текстильних та трикотажних матеріалів, потрібно розглядати, як об'єкт можливої негативної дії на здоров'я дітей комплексу хімічних речовин, згідно з хімічним складом текстильних матеріалів, а об'єктами, що впливають на забруднення навколишнього середовища, є технологічні процеси виробництва текстильних матеріалів.

Комфортність – це сукупність позитивних психологічних, психофізіологічних та фізіологічних відчуттів людини, що виникають у процесі її діяльності у разі контакту з навколишніми об'єктами і середовищем [1]. Організм дітей постійно перебуває в стані розвитку та зростання. Дитячий одяг, у зв'язку з фізіологічними особливостями організму дитини, має відповідати ряду певних вимог. Комфортність дитячого плечового одягу формують такі показники якості, як статична та динамічна відповідність, гігроскопічність, вологовіддача, водовбиральність та капілярність, коефіцієнт повітро- та паро проникності, водотривкість і сумарний тепловий опір, а також посадка виробу на фігурі дитини та відповідність виробу розмірній і повотно-віковій групі.

Особливості розвитку дитини потребують розробки одягу з урахуванням динаміки швидкості росту та окремих частин тіла. Підвищенню споживчих вимог дитячого одягу сприяє створення виробів, що трансформувалися б за зовнішнім виглядом, формою, призначенням, розмірними довжинними характеристиками, строк експлуатації яких

відповідав би фізичному зносу. Інколи одяг, що ще не пройшов терміну фізичного старіння в процесі експлуатації, придатний для носіння 2 – 3 сезони, але стає коротким по довжині стану і рукавів протягом одного сезону.

Відомо, що вимоги до дитячого одягу визначаються не тільки призначенням і умовами його використання, але і віком дитини, адже організм дітей перебуває в стані постійного росту і розвитку [2]. У сучасних умовах на перший план виступають приховані (неочевидні) потреби. Вироби, що знаходяться у вжитку, мало відрізняються за рівнем якості і задовольняють усі явні та очевидні вимоги споживачів. А вимога – це сформульована потреба або очікування, загальнозрозумілі або обов'язкові [3]. Установлені вимоги, тобто зафіксовані у нормативній або технічній документації на продукцію, спрямовані на забезпечення якості виробу і являють собою «заявлену потребу чи очікування» [4]. При цьому вони можуть бути обов'язковими або рекомендованими.

Постановка завдання. Створенню продукції безпечної для життя та здоров'я дітей, сприяє дотримання тих вимог до дитячого одягу, які є обов'язковими. За виконанням цих вимог встановлено державний нагляд, який здійснюють шляхом проведення періодичних чи постійних перевірок, керуючись відповідними законами України «Про стандартизацію» [5] і «Про захист прав споживача» [6] застосовуючи вибірковий або суцільний контроль, на стадіях розробки, виробництва та реалізації продукції. При проектуванні дитячого одягу з елементами трансформації виникає проблема яка вимагає формування додаткових вимог при узагальненні конструктивних рішень.

Результати та їх обговорення. Якість об'єкту виявляється у сукупності його властивостей, що обумовлюють здатність продукції задовольняти певні вимоги у відповідності з її призначенням, а властивості виробу виявляються при його створенні чи експлуатації [7]. Відомо, що критерії вибору показників якості як правило мають певні обмеження [8]. В зв'язку з тим, що вимоги, які обумовлені зростанням дитини є вимогами пристосованості виробу до змін розмірних ознак тіла дитини, зміни моди, зміни цільового призначення вводять поняття адаптації в систему показників якості одягу, як зазначено в роботі [9]. До якості дитячого одягу висуваються підвищені вимоги. Це обумовлено високою чутливістю сприйняття дитячим організмом зовнішніх впливів і певних умов експлуатації виробів, які пов'язані з динамічністю образу життя дітей та швидкоплинною модою.

Відповідно з ДСТУ 3998-2000 «Матеріали та вироби текстильні, трикотажні, швейні та шкіряні», які розроблено на основі ГОСТ 25295-2005 та ДСТУ 1971-92, формування показників, що визначають якість дитячого одягу здійснюється у відповідності до типових показників якості одягу. Однак ці показники характеризують фізичні властивості матеріалів, які регулюють підодяговий мікроклімат, а при проектуванні дитячого одягу з різними конструктивними рішеннями виникає проблема яка вимагає формування додаткових вимог (Табл. 1). Особливо це стосується одягу де використовується трансформація деталей, у таблиці кольором виділено запропоновані показники якості, параметри яких задовольнятимуть ці показники. Більш часто елементи трансформації використовуються в одязі верхньої асортиментної групи.

Таблиця 1

Номенклатура показників якості до дитячого одягу за ДСТУ 3998-2000

Найменування групи показників якості	Найменування показників якості	Запропоновані додаткові показники якості до одягу з елементами трансформації
1. ПРИЗНАЧЕННЯ	1.1. Відповідність виробу розмірній та повотно-віковій групі дитини	1.1.1. Задоволеність розмір-ростовому асортименту виробу при акселерації
		1.1.2. Ступінь відповідності пропорціям фігури дитини
	1.2. Відповідність виробу сезону, сфері застосування та умовам експлуатації виробу	1.2.1. Здатність задовольняти потреби споживачів протягом довготривалого періоду
		1.2.2. Ступінь відповідності дитячого одягу терміну морального і фізичного зносу
2. НАДІЙНІСТЬ	2.1. Відносне розривне зусилля; відносне розшарувальне навантаження	2.1.1. Раціональний склад пакету матеріалів при трансформації деталей виробу
	2.2. Відносне розшарувальне зусилля; відносне розшарувальне навантаження	—
	2.3. Питоме розшарувальне зусилля; питоме розшарувальне навантаження	—
	2.4. Розсувність ниток тканини у шві	—
	2.5. Коефіцієнт явної прорубності	—
	2.6. Коефіцієнт прихованої прорубності	—
	2.7. Коефіцієнт цілковитої прорубності	—
	2.8. Коефіцієнт міцності шва	—
	2.9. Коефіцієнт тривкості шва	—
	2.10. Коефіцієнт товщини шва	—
	2.11. Зміна довжини шва після намокання (прання)(волого-теплогового оброблення)	—
3. ЕРГОНОМІЧНІСТЬ	3.1. Статична відповідність	3.1.1. Зручність трансформування при носінні
	3.2. Динамічна відповідність	3.2.1. Зміна конструктивних параметрів виробу на ділянках відповідних найбільшим змінам розмірних ознак дитини

4. ЕСТЕТИЧНІСТЬ	4.1. Відповідність художньо-колеристичного оформлення та структури матеріалу (виробу) напрямку моди	4.1.1. Види елементів трансформації 4.1.2. Гармонізація розташування ліній членування в конструкції
	4.2. Рівень технічного виконання та оздоблення матеріалу (виробу)	4.2.1. Рівень технічного виконання та оздоблення елементів трансформації
	4.3. Чіткість і виразність виконання товарних знаків та етикеток	4.3.1. Товарний вигляд та якісне виготовлення і приєднання елементів трансформації
5. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ	5.1. Загальна трудомісткість	—
	5.2. Питома трудомісткість	—
	5.3. Порівняльна трудомісткість	—
	5.4. Відносна трудомісткість	—
	5.5. Відхилення фактичної довжини від номінальної	—
	5.6. Середнє квадратичне відхилення	—
	5.7. Коефіцієнт відмінності	—
6. ТРАНСПОРТА-БЕЛЬНІСТЬ	6.1. Маса пакування (одиниці продукції)	—
	6.2. Об'єм пакування (одиниці продукції)	—
	6.3. Габаритні розміри пакування (одиниці продукції)	—
	6.4. Коефіцієнт використання транспортного засобу для партії продукції	—
7. СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА УНІФІКАЦІЯ	7.1. Параметри та розміри матеріалу (виробу)	7.1.1. Уніфікація параметрів елементу трансформації
	7.2. Коефіцієнт застосовності	7.2.1. Ступінь застосування уніфікованих елементів трансформації
	7.3. Коефіцієнт повторюваності	7.3.1. Ступінь повторювання уніфікованих елементів трансформації
	7.4. Коефіцієнт уніфікації для групи матеріалів (виробів)	—

При створенні нових моделей одягу для дітей необхідно розробляти вимоги до виробу залежно від виду одягу, його призначення та застосування. Удосконалення конструкцій дитячого одягу можна виконати при допомозі введення елементів трансформації, які забезпечать пропорційність розмірів швейних виробів фігурі дитини. Так як основними функціями одягу є не тільки захист тіла дитини від природних умов (вітру, опадів, низьких температур), а й забезпечення зручності його використання та досягнення максимальної

комфортності під час експлуатації, його асортимент постійно розширюється та удосконалюється.

Висновки. Запропоновані додаткові показники якості до одягу з елементами трансформації повинні бути використані при удосконаленні процесу проектування такого одягу, що дасть можливість розширити асортимент дитячого одягу. Це дозволить отримати об'єктивну та достовірну інформацію щодо властивостей, характеристик та можливості цієї продукції задовольняти потреби, запити та вимоги як батьків так і дітей.

Список використаної літератури:

1. ДСТУ 3899—99. Дизайн і ергономіка. — К.: Держстандарт України, 1999.
2. Супрун Н.П. Конфекціювання матеріалів для одягу: Навч. посіб. / Супрун Н.П., Орленко Л.В., Дрегуляс Е.П., Волинець Т.О. — К.: Знання, 2005. — 159 с.
3. Держспоживстандарт України (2005) Національний стандарт України. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2005, IDT). ДСТУ ISO 9000:2007. Київ, 34 с.
4. ДСТУ ISO/IEC 17000:2007 Оцінювання відповідності. Словник термінів і загальні принципи (ISO/IEC 17000:2004, IDT)
5. Про стандартизацію: Закон України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1315-18>
6. Про захист прав споживачів Закон України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/3161-15>
7. Коблякова Е.Б. Конструирование одежды с элементами САПР: учебник [для студ. высш. учеб. заведений] / Е.Б. Коблякова. — М.: Легпромбытиздат, 1988. — 464 с.
8. Сухарев М.И. Принципы инженерного проектирования одежды / М.И.Сухарев, А.М. Бойцова. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 272 с.
9. Бескоровайная Г.П., С.В.Куренова Проектирование детской одежды: Учеб. пособие [для студ. высш. учеб. заведений] / Г.П. Бескоровайная, С.В.Куренова. — М.: Мастерство, 2000. — 96 с.

КАЧЕСТВО И КОМФОРТНОСТЬ ДЕТСКОЙ ОДЕЖДЫ

НАЗАРЧУК Л. В.

Луцкий национальный технический университет

Цель. Заключается в формировании дополнительных требований при обобщении конструктивных решений детской одежды.

Методика. Обзор и анализа требований нормативных документов и исследования потребностей детей.

Результат. Наличие обоснованной номенклатуры показателей качества, по результатам измерений которых оценивается уровень качества детской одежды с элементами трансформации позволит получить объективную и достоверную информацию о свойствах, характеристик и возможности этой продукции удовлетворять потребности, запросы и требования как родителей так и детей.

Научная новизна. Предложено номенклатуру показателей для оценки уровня качества детской одежды с элементами трансформации.

Практическая значимость. Показано, что задачей, которую необходимо решить для удовлетворения потребностей, запросов и требований как родителей так и детей, является повышение качества детской одежды

Ключевые слова: *качество, требования, детская одежда, элементы трансформации.*

QUALITY AND COMFORT CHILDREN'S CLOTHING

NAZARCHUK L.V.

Lutsk National Technical University

Purpose. It lies in the formation of additional requirements in the synthesis of design solutions of children's clothing.

Methodology. Review and analysis of the requirements of normative documents and research needs of children.

Result. Presence-based nomenclature of quality indicators, based on the results of measurements which assess the level of quality children's clothing with the elements of the transformation will provide objective and reliable information about the properties, characteristics and features of this product to meet the needs, demands and requirements of both parents and children alike.

Scientific novelty. Proposed range of indicators to assess the level of quality children's clothing with the elements of transformation.

Practical value . It is shown that the problem which must be addressed to meet the needs, demands and requirements of both parents and children alike, is to improve the quality of children's clothes.

Key words: *quality requirements, children's clothing, elements of transformation.*

УДК 614.841

ПАСТУХОВ П.В., ЛАВРЕНЮК О.І., МИХАЛІЧКО Б.М.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ САМОЗГАСАЮЧИХ ЕПОКСИАМІННИХ КОМПОЗИЦІЙ

Мета. Метою роботи є розробка модифікованих купрум (II) карбонатом самозгасаючих епоксiamінних композицій та виявлення впливу антипірену на експлуатаційні властивості матеріалів, одержаних на їх основі.

Методика. Для визначення основних експлуатаційних характеристик матеріалів на основі епоксiamінних композицій в роботі застосовували сучасні експериментальні методи досліджень: твердість зразків оцінювали за конічною точкою текучості за допомогою консистометра Хеплера, міцність на розрив – на розривній випробувальній машині зі сталою швидкістю деформування, водостійкість – ваговим методом.

Результати. В результаті проведених досліджень встановлено, що купрум(II) карбонат позитивно впливає на експлуатаційні властивості матеріалів на основі епоксiamінних композицій. Зокрема, такі фізико-механічні параметри як поверхнева твердість та міцність на розрив зростають, а водостійкість практично не змінюється. Найкращі експлуатаційні характеристики притаманні композиціям при еквімолекулярному співвідношенні компонентів.

Наукова новизна. Запропоновано новий перспективний спосіб зниження пожежонебезпеки епоксiamінних композицій, що передбачає одержання самозгасаючих матеріалів з високими експлуатаційними характеристиками.

Практична значимість. Внаслідок проведених досліджень розроблено нові полімерні композиції, які можуть бути використані для виготовлення захисних покриттів, наливних підлог, герметиків, шпаклівок, компаундів різноманітного призначення. Оптимізовано склад, розроблено технологічні умови одержання та затверднення таких композицій. Встановлений взаємозв'язок між складом композиції та експлуатаційними характеристиками.

Ключові слова: самозгасаючі епоксiamінні композиції, поверхнева твердість, міцність на розрив, водостійкість.

Вступ. Аналіз застосування епоксидних композиційних матеріалів в найрізноманітніших галузях промисловості підтверджує їхню унікальність. У всіх випадках застосування епоксиолімерів в промисловості і будівництві відіграють конструкційні характеристики матеріалів на їх основі. Це не лише механічні показники, але й опір дифузійній проникності, деструктивній дії зовнішніх агресивних середовищ. Надзвичайно актуальною проблемою для епоксидних, втім як і для більшості інших полімерів, є горючість [1].

Найпоширенішим методом зниження горючості полімерів є застосування інертних чи реакційно здатних антипіренів [2]. Втім, в останні роки спостерігається тенденція до зниження об'єму використання інертних антипіренів в зв'язку з притаманними їм недоліками. Це насамперед їх сильний вплив на фізико-механічні і фізико-хімічні властивості композиційних полімерних матеріалів, схильність низькомолекулярних антипіренів до міграції на поверхню, здатність екстрагуватися із матеріалу водою, миючими засобами. Тому на все більшу увагу заслуговують антипірени реакційноздатного типу, які,

завдяки наявності функцій цих груп в молекулярній структурі сполук, вступають в реакції з макромолекулами полімерів.

Постановка завдання. В попередніх дослідженнях [3-5], ґрунтуючись на структурно-хімічному аналізі координаційних можливостей сполук *d*-металів та аміних затвердників, було передбачено перспективність застосування сполук купруму, та зокрема купрум(II) карбонату, як реакційноздатного антипірену нітрогенумісних епоксиполімерів. Встановлено, що введення купрум(II) карбонату в епоксиамінні композиції призводить до підвищення їх термостійкості, зниження температур займання та самозаймання, а також швидкості поширення полум'я. Доведено, що такого ефекту досягнуто завдяки зв'язуванню негорючої неорганічної солі з горючим аміном-затвердником міцними координаційними зв'язками типу Cu–N в комплекс. Завдяки виділенню негорючих газів (CO₂, H₂O) при розкладі антипірену в умовах горіння горюча суміш розбавляється до негорючих концентрацій, що супроводжується самозгасанням композиції. Отримані результати покладено в основу розробки модифікованих купрум(II) карбонатом самозгасаючих епоксиамінних композицій.

Однак при виборі антипірену, попри бажану високу ефективність в зниженні горючості, доступність і дешевизну, необхідно враховувати його токсичність, мутагенний, канцерогенний та інші шкідливі впливи на організм людини як вихідних речовин, так і їх продуктів розкладу і згоряння. Важливим фактором, що часто обмежує використання деяких антипіренів, є негативний їх вплив на експлуатаційні характеристики матеріалу, технологічні параметри його одержання та переробки у виробі.

Тому метою роботи є виявлення впливу купрум(II) карбонату на експлуатаційні характеристики епоксиамінних полімерів.

Результати дослідження. В якості зв'язуючого для одержання композиції використовували епоксидіанову смолу марки ЕД-20 з вмістом епоксидних груп до 22%, в'язкістю при 25°C – 12...18 Па·с, як аміний затвердник – поліетиленполіамін з густиною 1±0,05 г/см³ та затверджувальною здатністю відносно ЕД-20 не менше 60 хвилин. Для зниження горючості, в якості антипірену застосовували купрум(II) карбонат.

Композицію готували так: у змішувач вносили необхідну кількість смоли ЕД-20 та купрум(II) карбонату і перемішували впродовж 5-10 хв. Потім додавали затвердник та продовжували перемішувати до утворення однорідної композиції. Готову композицію заливали у форми та витримували при кімнатній температурі впродовж 24 год. до повного затверднення.

Критеріями оцінки експлуатаційних характеристик епоксиамінних композицій були вибрані поверхнева твердість, міцність на розрив та водостійкість. Важливість вибору даних показників полягає у тому, що вони можуть бути кількісними критеріями для знаходження оптимального кількісного складу композиції.

Твердість зразків оцінювали за кінчною точкою текучості. Поверхневу твердість полімеру визначали на консистометрі Хеплера втискуванням у зразок сталевого конуса з кутом 53°08' при навантаженні 50 Н впродовж 60 с. Міцність на розрив визначали згідно з ГОСТ 11262-80. Водостійкість композицій оцінювали ваговим методом за зміною маси полімерних плівок після їх витримки протягом певного часу в дистильованій воді. Вивчали зміну властивостей епоксиамінних композицій залежно від вмісту антипірену.

Полімерні матеріали в процесі експлуатації неминуче піддаються зовнішнім механічним впливам. Одним з найважливіших показників експлуатаційних властивостей матеріалів є твердість. Недостатня твердість призводить до втрати механічної стійкості матеріалу. Загальновідомим є той факт, що менш тверді полімерні матеріали мають меншу стійкість до абразивного зношування. З іншого боку формування надто твердих матеріалів, що супроводжується утворенням жорсткої структури із значними внутрішніми напруженнями відображається у невисоких показниках ударної в'язкості. Тому лише матеріали зі збалансованим поєднанням твердості та еластичності, стійкості до дії ударних навантажень та адгезійної міцності можуть бути довговічними та надійними в експлуатації.

Експериментально встановлено (табл. 1), що введення навіть невеликої кількості купрум(II) карбонату (5 мас.ч. на 100 мас.ч. зв'язуючого) призводить до зростання поверхневої твердості епоксидних композицій. Найвищими значеннями поверхневої твердості характеризуються композиції з вмістом антипірену 80 мас.ч. Значення поверхневої твердості для такої композиції підвищується на 23% в порівнянні з вихідною композицією. Очевидно, завдяки зв'язуванню купрум(II) карбонату з нітрогенумісним затвердником епоксидних композицій в процесі формування тривимірної структури, відбувається ущільнення просторової сітки. Це призводить до зниження кінетичної рухливості між вузлами сітки, що відображається у вищих значеннях поверхневої твердості.

Аналіз результатів вимірювань міцності на розрив (табл. 1) показав, що купрум(II) карбонат суттєво впливає на цей показник. Встановлено, що при вмісті купрум(II) карбонату 20-40 мас.ч. на 100 мас. ч. епоксидної смоли ЕД-20 міцність на розрив композиції відповідає максимальним значенням. Таку кореляцію значень міцності пояснюють оптимальним співвідношенням інгредієнтів композиції та остаточним формуванням її тривимірної ґратки, що добре узгоджується з літературними даними [6]. Можна припустити, що при великому вмісті купрум(II) карбонату (80 мас. ч.) частина його хімічно зв'язується, а решта виступає в ролі наповнювача. При зростанні вмісту антипірену понад 40 мас.ч. відбувається поступове перенаповнення системи та погіршення структуроутворення композита. Ймовірно, умови взаємодії макромолекул зв'язного з наповнювачем погіршуються, внаслідок чого зменшується товщина межових прошарків [7], що запобігає формуванню ґраткових структур наповнювача у композиті, а відповідно, і зменшується когезійна міцність матеріалу. Крім того, в таких композиціях кількість рідкої фази недостатня для рівномірного змочування усіх частинок, вміст полімеру в поверхневих шарах незначний, що теж є причиною зменшення міцності.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості епоксидних композицій

Показник	Вміст антипірену, мас.ч.				
	0	5	20	40	80
Поверхнева твердість, МПа	129,74	142,35	155,24	157,67	159,95
Міцність на розрив, МПа	9,74	10,25	18,23	16,34	10,46

Важливою характеристикою в процесі експлуатації полімерних композиційних матеріалів є стійкість до руйнування водою. Хоча водостійкість епоксидних композицій на пряму залежатиме від співвідношення компонентів, на неї певним чином впливатимуть і умови структурування. Між кількістю гідрофільних фрагментів, що не взяли участь в утворенні просторової сітки, і водостійкістю існує тісний кореляційний зв'язок. Наявність полярних функційних груп (залишкових аміних або епоксидних груп, які в силу дифузійних чи стехіометричних затруднень не про взаємодіяли, вторинних гідроксильних груп, що утворилися внаслідок взаємодії епоксидних і аміних фрагментів) сприятиме притягуванню молекули води, що в свою чергу, негативно відобразиться на водостійкості композиції.

Контакт полімеру з водою зазвичай призводить до набрякання полімеру, внаслідок чого може змінитися форма виробу і знизитися його міцність. Під час витримки полімерних виробів у водному середовищі відбувається адсорбція середовища на поверхні полімеру, дифузія його в об'ємі полімеру, хімічна взаємодія з нетривкими зв'язками, вимивання та розчинення незв'язаних і низькомолекулярних складових. Водопоглинання може призвести також до розпаду хімічних зв'язків в молекулі полімеру. Слідом за молекулами води в полімер дифундують корозійноактивні йони. Оскільки більшість агресивних середовищ є водними розчинами електролітів, то дослідження дифузії води через полімерний матеріал представляє великий інтерес.

Результати визначення водостійкості епоксидних композицій наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Водостійкість епоксидних композицій

Показник	Вміст антипірену, мас.ч.				
	0	5	20	40	80
Водопоглинання за 24 год.,%	0,026	0,024	0,018	0,023	0,023
Рівноважне водопоглинання, %	0,8	0,8	0,6	0,7	0,7

За першу добу експозиції зразків у воді приріст маси не перевищував 0,03 %. Протягом наступних 10-20 діб швидкість сорбції води епоксидними плівками зменшувалася, а після 25-31 доби витримки настало так зване рівноважне поглинання, коли кількість сорбованої води відповідала кількості десорбованої та втраті маси полімеру. Порівняльний аналіз отриманих результатів водопоглинання дозволяє зробити висновок, що водостійкість купрумвмісних композицій є задовільною.

Висновок. Отож ефективність застосування в якості антипірену купрум(II) карбонату полягає не лише в спроможності стрімко знижувати пожежну небезпеку нітрогенвмісних епоксиолімерів. Завдяки винятковій схильності до комплексоутворення купрум(II) карбонат спроможний вбудовуватися в структуру полімеру, що забезпечує збереження на належному рівні експлуатаційних характеристик матеріалів на основі епоксидних композицій. Встановлено, що найкращі показники притаманні композиціям з еквімолекулярним співвідношенням компонентів.

Список використаної літератури

1. Хозин В.Г. Усиление эпоксидных полимеров / Хозин В.Г. – Казань: ПИК Дом печати, 2004. – 446с.
2. Асеева Р.М. Горение полимерных материалов / Асеева Р.М., Заиков Г.Е. – М.: Наука, 1981. – 280 с.
3. Пат. 109187 UA, МПК С 08 L 63/00, С 08 K 3/10, С 09 K 21/00. Епоксидна композиція зі зниженою горючістю // Лавренюк О.І., Михалічко Б.М. – № а201311816; Заявл. 07.10.2013; Опубл. 27.07.2015. Бюл. №14. – 2 с.
4. H.Lavrenyuk, O.Mykhalichko, B.Zarychta, V.Olijnyk, B.Mykhalichko A new copper(II) chelate complex with tridentate ligand: synthesis, crystal and molecular electronic structure of aqua-(diethylenetriamine-N, N', N'')-copper(II) sulfate monohydrate and its fire retardant properties // J. Mol. Str. – 2015. – № 1095. – P. 34-41.
5. H.Lavrenyuk, V.Kochubei, O.Mykhalichko, B.Mykhalichko A new flame retardant on the basis of diethylenetriamine copper(II) sulphate complex for combustibility suppressing of epoxy-amine composites // FireSJ – 2016. – Vol.80. – P. 30-37.
6. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров.-М.: Химия, 1974.-391с.
7. Липатов Ю.С. Физико-химические процессы на границе раздела в полимерных композициях // Физическая химия полимерных композиций / Липатов Ю.С. – К.: Наукова думка, 1974. – С.3-17.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ САМОЗАТУХАЮЩИХ ЭПОКСИАМИННЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПАСТУХОВ П.В., ЛАВРЕНЮК Е.И., МЫХАЛИЧКО Б.М.

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности

Цель. Целью работы является разработка модифицированных купрум (II) карбонатом самозатухающих эпоксиаминных композиций и выявление влияния антипирена на эксплуатационные свойства материалов, полученных на их основе.

Методика. Для определения основных эксплуатационных характеристик материалов на основе эпоксиаминных композиций в работе применяли современные экспериментальные методы исследований: твердость образцов оценивали за конической точкой текучести с помощью консисометра Хэплера, прочность на разрыв – на разрывной испытательной машине с постоянной скоростью деформирования, водостойкость – весовым методом.

Результаты. В результате проведенных исследований установлено, что купрум (II) карбонат позитивно влияет на эксплуатационные свойства материалов на основе эпоксиаминных композиций. В частности, такие физико-механические параметры как поверхностная твердость и прочность на разрыв растут, а водостойкость практически не изменяется. Наилучшие эксплуатационные характеристики присущи композициям при эквимолекулярном соотношении компонентов.

Научная новизна. Предложен новый перспективный способ снижения пожароопасности эпоксиаминных композиций, что предусматривает получение самозатухающих материалов с высокими эксплуатационными характеристиками.

Практическая значимость. В результате проведенных исследований разработаны новые полимерные композиции, которые могут быть использованы для изготовления защитных покрытий, наливных полов, герметиков, шпаклевок, компаундов различного назначения. Оптимизирован состав, разработаны технологические условия получения и

отверждения таких композиций. Установлена взаимосвязь между составом композиции и эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: самозатухающие эпоксисаминные композиции, поверхностная твердость, прочность на разрыв, водостойкость.

PERFORMANCE PROPERTIES OF MATERIALS ON THE BASIS OF THE SELF-EXTINGUISHING EPOXY-AMINE COMPOSITES

PASTUHOV P.V., LAVRENYUK O.I., MYKHALICHKO B.M.

L'viv State University of Life Safety

Purpose. The elaboration of the self-extinguishing epoxy-amine composites modified by copper (II) carbonate as well as the influence studying of the fire retardant onto performance properties of the materials obtained on their base have been the work purpose.

Methodology. For determination of the fundamental performance characteristics of the materials on the bases of epoxy-amine composites, we have applied in this work the up-to-date techniques of the experimental research viz. a surface hardness has been estimated by means of a conical point of a flow using the Hepler's consistometer, a rupture strength has been done on the tensile testing machine with the constant strain rate, a water resistance has been determined by weight method.

Findings. At the results of the carried out investigations, we have ascertained that copper (II) carbonate favorably influences the performance properties of the materials on the bases of epoxy-amine composites. Specifically, such physical-mechanical parameters as a surface hardness and rupture strength increase whereas a water resistance does not change practically. The enhanced performance characteristics are peculiar to the composites having equimolar ratio of ingredients.

Originality. We have proposed a new promising way for the decrease of a fire risk of the epoxy-amine composites that assumes the obtaining of the self-extinguishing materials with enhanced performance characteristics.

Practical value. Owing to the carried out investigations, the advanced polymeric composites have been elaborated. These materials can be used for the making of the protective coatings, pouring floors, sealants, putties, and compounds with the various purposes. We have optimized a composition, elaborated the standard specification of the preparation and hardening of such composites. We have correlated between the ingredients ratio of the composites and the performance characteristics.

Keyword: self-extinguishing epoxy-amine composites, surface hardness, rupture strength, water resistance.

УДК 677.11.021

СУХОВІЙ А. В., ТІХОСОВА Г. А., КРУГЛИЙ Д. Г.
Херсонський національний технічний університет

МОДИФІКАЦІЯ ПРИРОДНИХ ВОЛОКНИСТИХ НАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВИСОКОЯКІСНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Аналіз існуючих досліджень з модифікації природних волокнистих наповнювачів та результатів систематичних досліджень, які проведені науковцями кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету.

Методика. Для визначення вмісту целюлози використовували метод Вільштеттера-Шудля, вміст пектину визначали йодометричним методом, а лігнін – гідролітично-ваговим способом.

Результати. В результаті підвищення адгезії полімерної матриці до волокна льону олійного, отриманого за новим способом, одержані полімерні композиційні матеріали перевершують за своєю якістю композити на основі імпортованого бавовняного лінту.

Наукова новизна. Вперше одержано експериментальні зразки полімерних композиційних матеріалів високої якості з наповнювачем із волокна льону олійного, яке отримане за новим способом хімічної обробки.

Практична значимість. Застосування нових фізико-хімічних методів модифікації поверхні лляних волокон за допомогою попереднього їх оброблення хімічними композиційними препаратами дозволить замінити імпортовану сировину для створення полімерних композиційних матеріалів – бавовну, на дешеву вітчизняну сировину – волокно льону олійного. Також це сприятиме повному та комплексному використанню стебел льону олійного та дозволить збільшити зайнятість сільгоспвиробників і працівників різних галузей промисловості.

Ключові слова: волокно льону олійного, полімерні композиційні матеріали, модифікація, адгезія, змочуваність.

Вступ. Невпинний розвиток науково-технічного прогресу пред'являє нові і все більш високі вимоги до фізико-механічних властивостей нових полімерних композиційних матеріалів широкого вжитку. Це, в свою чергу, обумовлює актуальність задачі створення нових та екологічних полімерних композиційних матеріалів з високими фізико-механічними властивостями. Одним із перспективних методів структурної модифікації є введення в полімерну матрицю наповнювачів різного типу, що дає можливість одержання матеріалів, які володітимуть принципово новими властивостями. Для армування композитів використовують природні та синтетичні волокна або ниткоподібні кристали. Навіть невелика їх кількість у матеріалі такого типу істотно покращує його механічні властивості. Можливість зміни при армуванні орієнтації волокон, їх розміру та концентрації дозволяє ще ширше варіювати властивості композитного матеріалу. Відомо, що основними матеріалами, які використовують як наповнювачі на сьогодні є скло, графіт, алюміній, вуглець, бор і берилій. Проте, при застосуванні в композиційних полімерних матеріалах природних волокнистих наповнювачів, таких як лляне волокно або целюлоза, можливо досягти більш безпечного виробництва, простішої утилізації та зменшити витрати на закупівлю сировини.

Але при застосуванні природних волокнистих наповнювачів в більшості випадків відсутня адгезія між природною целюлозою і полімерною матрицею, що потребує розроблення нових методів модифікації поверхні. Методологія обробки наповнювачів із заданими фізико-хімічними параметрами, які забезпечать підвищення адгезії, недостатньо розроблена. Причини відсутності адгезії ставлять перед дослідниками як теоретичні, так і практичні завдання. З точки зору теоретичних досліджень необхідно встановити причини відсутності адгезії відомих природних наповнювачів до полімерної матриці, тобто встановити, які функціональні групи підвищують адгезію, якою має бути поверхня волокна та його хімічний склад. Щодо практичних питань, які потребують вирішення: яким шляхом можна підвищити адгезію природних волокнистих наповнювачів до полімерної матриці для формування високоякісних полімерних композиційних матеріалів.

Для вирішення теоретичних питань проаналізуємо світовий досвід відомих вчених, які займалися дослідженням теоретичних основ взаємодії природних наповнювачів із полімерною матрицею.

Закордонними вченими Jinchun Zhu, Huijun Zhu, James Njuguna, Hrushikesh Abhyankar проведені дослідження з одержання полімерних композиційних матеріалів з природними волокнистими наповнювачами на основі волокна льону. Також в цій роботі висвітлено існуючі способи модифікації природних волокнистих наповнювачів. Але ця робота потребує продовження, оскільки в ній докладно описано процес отримання композитів, але не розкрито механізм взаємодії целюлози з полімерною матрицею [1,2].

Робота вченого Hongsheng Luo присвячена дослідженню властивостей полімерних композиційних матеріалів з використанням целюлози в якості наповнювача. Проте в цих дослідженнях не вивчено механізм взаємодії целюлози з полімерною матрицею [3].

Внесок закордонних вчених Behalec L., Lenfeld P., Seidl M., Bobec J полягає в детальному вивченні фізико-хімічних властивостей композитів на основі різних натуральних волокон та висвітленні технологічного процесу одержання полімерних композиційних матеріалів. Проте вищевказаними вченими не проведено досліджень з модифікації природних волокнистих наповнювачів з метою підвищення адгезії целюлози волокна до полімерної матриці [4].

У свою чергу вченими Luyt A. S., Malunka M. E. були проведені дослідження з отримання полімерних композиційних матеріалів з використанням короткого волокна сизалю як наповнювача та полімерної матриці з поліпропілену та досліджено вплив хімічної модифікації наповнювачів на якість отриманих композитів. Але в цій роботі не проведено досліджень з отримання композитів на основі інших натуральних волокон [5].

Постановка завдання. Метою роботи є теоретичні та експериментальні дослідження модифікації природних волокнистих наповнювачів для формування полімерних композиційних матеріалів.

З метою покращення адгезії між гідрофільним льоном і гідрофобною матрицею полімеру льняні волокна (льняну) целюлозу піддають різноманітним видам хімічної обробки.

При обробці волокон силанами спостерігається підвищення адгезії і покращуються механічні властивості отримуваних сполук. Силан, при взаємодії з целюлозою та іншими компонентами лляного волокна, гідролізується, формуючи реактивний силанол, а потім

адсорбується на поверхні волокна. Водневі зв'язки, сформовані між адсорбованим силанолом і гідроксильними групами льняних волокон, можуть бути далі перетворені в ковалентні зв'язки за допомогою нагрівання оброблених волокон до високої температури.

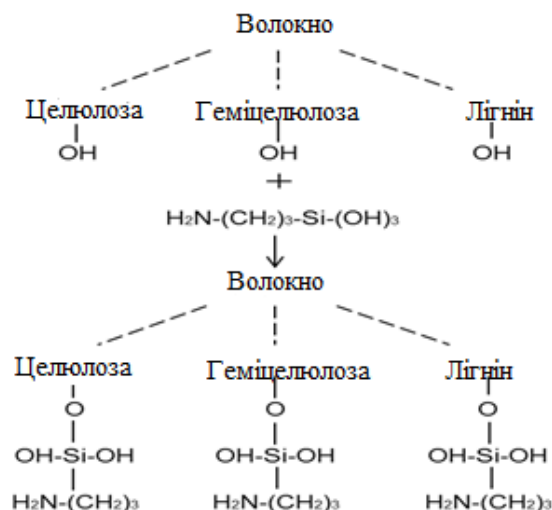


Рис. 1. Взаємодія силанів (амінопропілтригідроксисилана) з компонентами льняного волокна

При такій модифікації льняних волокон силанами спостерігається підвищення міцності волокна, вологопоглинання і опору грибкам для композитів з епоксидними смолами.

При обробці ангідридами існують два механізми модифікації: а) обробка метакриловим ангідридом; б) обробка пропіоновим ангідридом для підвищення гідрофобності. При такій обробці завдяки високому ступеню адгезії між волокном та полімером спостерігається виникнення міцних хімічних зв'язків у сполуках.

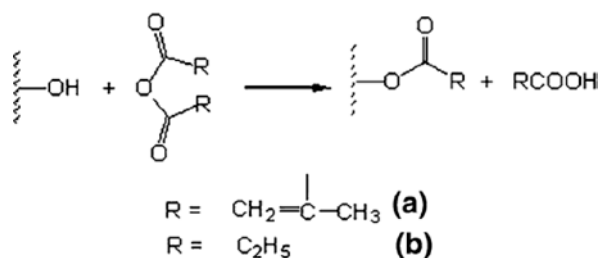


Рис. 2. Схема реакції між OH-групами льняної целюлози і:
а)ангідридом метакрилової кислоти; б) ангідридом пропіонової кислоти [5]

Важливою модифікацією волокна є лужна обробка, при якій видаляється певна кількість лігніну, воску і масел, що покривають зовнішню поверхню клітинної стінки волокна, відбувається деполімеризація целюлози. Обробка волокна натрій гідроксидом сприяє іонізації гідроксильної групи до утворення алкоголяту. Таким чином така обробка безпосередньо впливає на целюлозне волокно, ступінь полімеризації та видалення лігніну,

підвищує поверхневу шорсткість. Відбувається підвищення реакційної здатності та змочуваності волокна. В результаті лужної обробки протікає наступна хімічна реакція:



Рис. 3. Схема реакції лужної обробки волокна

Лужна обробка сприяє руйнуванню пучків волокон з утворенням менших волокон, що підвищує площу поверхні, яка доступна для контакту з матрицею. Таким чином видаляються природні та штучні домішки.

Наступний вид хімічної обробки – це бензоїлювання. Найчастіше для обробки целюлозного волокна використовується бензоїл хлорид, в результаті чого знижується гідрофільність волокна, таким чином підвищується його сумісність з матрицею.

Реакція ацилювання сприяє формуванню ковалентного зв'язку, завдяки чому підвищуються границя міцності і модуль Юнга волокна.

Всі вищезазначені методи хімічної обробки природних волокон є екологічно небезпечними, супроводжуються застосуванням токсичних хімічних речовин, потребують високих енергетичних та ресурсних витрат, застосування спеціальних лабораторій та обладнання для модифікації [5].

Результати дослідження. На базі кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету (ХНТУ) були проведені систематичні дослідження з модифікації короткого льоноволокна різними методами, за допомогою яких отримано котонізоване лляне волокно для текстильної промисловості [6].

Більш глибокі дослідження проведені в ХНТУ з модифікації лляних волокон за допомогою різних хімічних композиційних препаратів. В результаті цих досліджень визначено, що волога обробка лляного волокна хімічними композиційними препаратами, зокрема, на основі карбаміду та коттоклорину, позитивно впливає на видалення супутників целюлози. Результати визначення зміни хімічного складу лляної сировини після вологої обробки відображено в таблиці 1.

Таблиця 1

Зміна хімічного складу лляної сировини в процесі вологої обробки хімічними композиційними препаратами

	Целюлоза, %	Пектин, %	Лігнін, %
Волокно льону олійного до вологої обробки	81,27	5,46	1,37
Волокно льону олійного після вологої обробки	98,54	в залишку	0,81

Таким чином, відбувається розблокування функціональних груп целюлози у складі волокна, завдяки чому значно підвищується змочуваність лляного волокна, яка після вологої обробки становить 105,43 г, тоді як змочуваність для необробленого волокна – 12,3 г, а вміст альфа-целюлози після вологої обробки – 98,20 %. Завдяки покращенню вищезазначених показників, можна припустити, що адгезія целюлози волокна до полімерної матриці підвищиться.

В умовах підприємства ДП «Пластмас» ТОВ «ТД Пластмас-Прилуки» (м. Прилуки Чернігівської області) було виготовлено експериментальні зразки композиційних матеріалів,

у яких в якості наповнювача використовували волокно льону олійного, одержане за допомогою вологої обробки. Міцність при згинанні фенопласту становила 30,1 МПа, а ударна в'язкість – 10 кДж/м². Таким чином, встановлено, що якість отриманих полімерних композитів, визначена згідно з державними стандартами на відповідну продукцію, значно вища за якість композиційних матеріалів із додаванням волокна, яке імпортується в Україну. Так, одержане після вологої обробки волокно льону олійного має високий вміст α -целюлози та високий показник змочуваності, що є вагомим чинником для процесу формування полімерного композиту. Отже, оброблене таким чином волокно є придатним до пресування в полімерні композиційні матеріали.

Висновки. Таким чином, для формування якісних полімерних композиційних матеріалів необхідним чинником є створення адгезії між полімерною матрицею та наповнювачем. Задля цього для застосування в якості наповнювача волокно льону олійного його попередньо необхідно піддавати модифікації. Науковцями кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету під патронатом Чурсіної Л. А. за цією темою проведені плідні дослідження, в результаті яких отримано високоякісне волокно льону олійного, яке придатне для пресування в полімерні композиційні матеріали. Проте, враховуючи вищесказане, першочерговим завданням подальших досліджень є розроблення нових, екологічних та більш дешевих фізико-хімічних способів модифікації поверхні целюлози луб'яних волокон за допомогою обробки волокон луб'яних культур екологічно безпечними препаратами. Нові методи відрізнятимуться від існуючих аналогів відсутністю застосування хімічної обробки природних волокон, будуть екологічно безпечними, не потребуватимуть спеціальних лабораторій та обладнання для модифікації.

Список використаних джерел

1. Jinchun Zhu, Huijun Zhu, James Njugunaand Hrshikesh Abhyankar. Recent Development of Flax Fibres and Their Reinforced Composites Based on Different Polymeric Matrices, Materials 2013, 6, P. 5171.
1. Jinchun, Zhu.; Huijun, Zhu.; James, N.; Hrshikesh, A. Eco- challenges of bio-based polymer composites. Materials 2013, № 6. , P. 5198.
3. Hongsheng Luo. Study on stimulus-responsive cellulose-based polymeric materials. The Hong Kong Polytechnic University, 2012, P. 2-5.
4. Behalec L., Lenfeld P., Seidl M., Bobec J., Ausperger A. Friction properties of composites with natural fibres, Synthetic and biodegradable polymer matrix. Nanocon. - 2012, № 10. - P. 23-25.
5. Luyt A. S., Malunka M. E.: Composites of low-density polyethylene and short sisal fibres: the effect of wax addition and peroxide treatment on thermal properties. Thermochimica Acta. – 2005. – P. 101–107.
6. Кузьміна Т.О., Чурсіна Л.А., Тіхосова Г.А. Якість і стандартизація модифікованих лляних волокон [Текст]. Монографія / Кузьміна Т.О., Чурсіна Л.А., Тіхосова Г.А. – Херсон: Олді-плюс, 2009. – 416 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДИФИКАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

СУХОВИЙ А. В., ТИХОСОВА А. А.

Херсонский национальный технический университет

Цель. Анализ существующих исследований по модификации природных волокнистых наполнителей и результатов систематических исследований, которые проведены учеными кафедры товароведения, стандартизации и сертификации Херсонского национального технического университета.

Методика. Для определения содержания целлюлозы использовали метод Вильштеттера-Шудля, содержание лигнина определяли йодометрическим методом, а лигнин – гидролитически-весовым методом.

Результаты. В результате повышения адгезии полимерной матрицы к волокну льна масличного, полученного по новому способу, полученные полимерные композиционные материалы превосходят по своему качеству композиты на основе импортированного хлопкового линта.

Научная новизна. Впервые получены экспериментальные образцы полимерных композиционных материалов высокого качества с наполнителем из волокна льна масличного, которое получено по новому способу химической обработки.

Практическая значимость. Применение новых физико-химических методов модификации поверхности льняных волокон с помощью их предварительной обработки химическими композиционными препаратами позволит заменить импортное сырье для получения полимерных композиционных материалов – хлопок, на дешевое отечественное сырье – волокно льна масличного. Также это будет способствовать полному и комплексному использованию стеблей льна масличного и позволит повысить занятость сельхозпроизводителей и работников других отраслей промышленности.

Ключевые слова: волокно льна масличного, полимерные композиционные материалы, модификация, адгезия, смачиваемость.

THEORETICAL RESEARCHES OF NATURAL FIBROUS FILLERS MODIFICATION FOR FORMATION OF POLIMERIC COMPOSITE MATERIALS

SUKHOV A. V., TIHOVA G. A.

Kherson national technical university

Purpose. The analysis of the existing researches of modification of natural fibrous fillers and results of systematic researches which are conducted by scientists of department of merchandizing, standardization and certification of the Kherson national technical university.

Methods. For determination of content of cellulose used Vilshtetter-Shudl's method, the maintenance of a lignin determined by a iodometric method, and a lignin – hydrolytic - weight method.

Results. As a result of increase of adhesion of a polymeric matrix to fiber of flax, received on a new way, received polymeric composite materials surpass in the quality composites on the basis of the imported cotton lint.

Scientific innovation. Experimental samples of polymeric composite materials of high quality with a filler from fiber of flax olive which is received on a new way of chemical processing are for the first time received.

The practical significance. Application of new physic-chemical methods of modification of a surface of linen fibers by means of their preliminary processing by chemical composite preparations will allow to replace import raw materials for receiving polymeric composite materials – cotton, with cheap domestic raw materials – fiber of flax olive. Also it will promote full and complex use of stalks of flax olive and will allow to increase employment of agricultural producers and workers of other industries.

Key words: fiber of flax olive, polymeric composite materials, modification, adhesion, wettability.

УДК 678.743.2

КУРИПТЯ Я.А., САВЧЕНКО Б.М., ШОСТАК Т.С.,
НОВАК Д.С., ІСКАНДАРОВА Р.Ш.
Київський національний університет технологій та дизайну

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІ ПОЛІМЕРНІ ГІБРИДНІ КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ

Мета. Встановлення впливу природи, структури та вмісту дисперсних та волокнистих наповнювачів на електропровідність полімерних гібридних композитів (ПГК) на основі полівінілхлориду (ПВХ).

Методика. Зразки полімерних гібридних композитів (ПГК) отримували методом компаундування у дві стадії: 1) перемішування компонентів у високошвидкісному турбозмішувачі періодичної дії; 2) спікання у підігріваній пресформі. Для дослідження властивостей отриманих композитів було використано такі методи: вольт – амперометричні вимірювання об'ємного опору.

Результати. Показана можливість створення ПГК на основі ПВХ з різними типами та комбінаціями наповнювачів з гнучкими і регульованими електропровідними властивостями. Встановлено, що провідність ПГК значно залежить від вмісту основного, більш провідного, наповнювача та його взаємодії з додатковим. Встановлено, що поєднання волокнистих наповнювачів з порошковими наповнювачами усуває недоліки, обумовлені анізотропією волокнистих наповнювачів у разі наповнення лише волокном, що підтверджується даними електрофізичних випробувань.

Наукова новизна. Розроблено новий спосіб варіювання електропровідних та інших експлуатаційних властивостей полімерних композитів шляхом створення ПГК на основі ПВХ.

Практична значимість. Отримані ПГК з регульованими електропровідними властивостями можуть бути використані в залежності від цих властивостей як антистатика, екрануючі матеріалами від електромагнітних випромінювань, в якості елементів мереж низьковольтного струму.

Ключові слова: полімерні гібридні композити, волокнистий, дисперсний наповнювач, полівінілхлорид, електропровідність.

Вступ. На сьогодні популярна тенденція використання комбінованих наповнювачів, наприклад сажа-вуглецеві нанотрубки (ВНТ) [1] шаруватий силікат-сажа [2] нанометали-ВНТ [3] і т.д. Liu та Grunlan досліджували різноманітні композити на основі епоксидна смола/вуглецеві нанотрубки, отримані методом суміші у розчині й наповнені шаруватим силікатом [4-6]. Присутність шаруватого силікату призвела до зменшення перколяційного порогу в 5 разів і до зростання провідності композитів більш ніж на чотири порядки [7]. Схожий ефект присутності ШС спостерігається в електропровідних композитах, наповнених сажею. Значне покращення взаємного розподілу наповнювачів призводить не тільки до покращення електричних характеристик композитів, але й до поліпшення їхніх механічних властивостей [8]. Досить ефективним також виявилось комбінування ВНТ та частинок сажі [9]. Різна форма та співвідношення сторін, а також різні характеристики дисперсії двох провідних наповнювачів призводить до унікального синергічного ефекту. Встановлено також, що композити, наповнені гібридним наповнювачем, демонструють більший ефект позитивного температурного коефіцієнту, ніж композити, наповнені лише сажею. Це може бути пояснено тим, що при плавленні, внаслідок розширення полімерної матриці,

руйнуються містки ВВ, що з'єднують частинки сажі. В останній час з'явилося декілька експериментальних робіт, де показано, що комбінація металевого наповнювача та ВНТ призводить до покращення електричних властивостей композиту. Нанотрубки забезпечують ефект зниження перколяційного порогу, а металеві частинки надають підвищеної провідності.

Проте, варто відмітити, що ВНТ які і інші дрібнодисперсні матеріали здатні до утворення великих агрегатів, за рахунок чого наповнювач нерівномірно розподіляється по полімерній матриці, що призводить до зростання порогу перколяції та до неповної реалізації усього можливого потенціалу вуглецевих нанотрубок. Також дані наповнювачі такі як ВНТ є досить дорогими. Тому, протягом останніх років інтенсивно досліджується ідея одночасного введення у полімерну матрицю наповнювачів різних типів, що є перспективним шляхом отримання композицій з низьким порогом перколяції і високою електропровідністю.

Постановка завдання. Одним із простих і ефективних способів, який забезпечує композитам нові прогнозовані характеристики, є введення в полімери наповнювачів різної хімічної природи (метали, вуглецеві наповнювачі), форми та розмірів (волокно, дисперсний порошок). Поєднання і комбінування двох різних наповнювачів може приводити до появи нових унікальних властивостей створених композицій. Введення волокнистих наповнювачів (мідні, вуглецеві волокна) разом з порошковими (електропровідна сажа) в полімерну композицію впливає на міжфазні явища та дозволяє регулювати процес утворення електропровідних структур. Комбінування волокнистого та дисперсного порошкового наповнювачів дозволяє досягти електропровідного стану полімерної композиції при меншому сумарному вмісті цих наповнювачів, ніж при наповненні полімеру кожним з них окремо. З міркувань наведених вище у даній роботі була поставлена задача створення сучасних електропровідних полімерних матеріалів – ПГК.

Результати досліджень. Для дослідження були використані: емульсійний полівінілхлорид(ЕПВХ) Vinnolit EP6854, вуглецеве волокно($l = 1-2$ мм, $d = 5 \pm 0,3$ мкм) марки ВМН-4, електропровідна сажа PUREBLACK SCD-205, нікелевий порошок(НП) марки ПНК-УТ1 ГОСТ 9722-97, мідне волокно(МВ) марки М1 електротехнічне ГОСТ 859-2001 ($l = 1-2$ мм, $d = 60$ мкм). Створення ПГК включає такі етапи: змішування всіх компонентів композитів, отримання зразків композитів методом спікання у формі. Перемішування компонентів кожного ПГК відбувалось на одностадійному лопатевому турбозмішувачі періодичної дії типу Henschel по 5 хвилин. Отриману суміш засипали у циліндричну форму діаметром 26мм та спікали за температури 190°C і витримували їх на протязі 8 хвилин. Після чого зразки виймали з форми. Зразки композитів отримували у вигляді круглих пластинок діаметром 26мм і товщиною 1,5 мм. Об'ємний вміст наповнювача в композитах варіювався в межах від 0,002 об. час. до 16 об. час. зі співвідношенням наповнювачів у ПГК 1:1.

Були визначені електропровідність одержаних зразків композитів. Вимірювання електропровідності проводили за ГОСТ 6433.2-71 - методи визначення електричного опору при постійній напрузі [10]. Зразки, відібрані згідно вимог розміром 26 мм на 26 мм розміщували в стандартизовану комірку. Тераомметр Е6-13А, під'єднаний до комірки, фіксував значення опору зразків. Результати досліджень представлені на графіках(Рис.1-2,4).

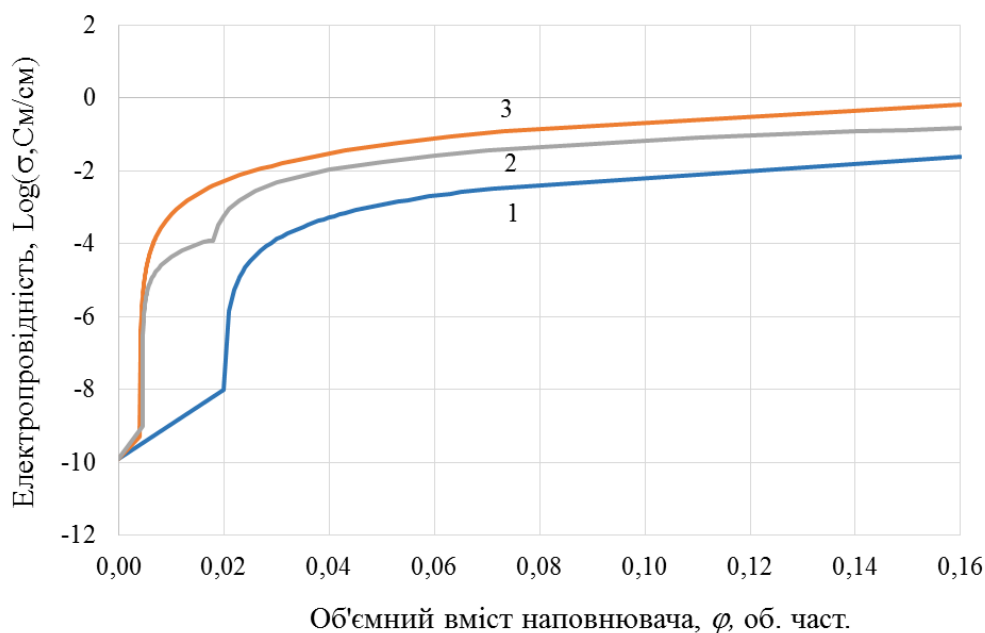


Рис.1. Залежність електропровідності зразків композитів на основі ПВХ від вмісту наповнювача:
1 - сажа, 2 - сажа/ВВ, 3 – ВВ

Для композитів, наповнених ВВ, електропровідність зі збільшенням вмісту наповнювача швидко зростає. Об'ємним вміст ВВ 0,04 об. част. викликає різке підвищення електропровідності композиту, тобто спостерігається поява порогу перколяції. Подальше збільшення вмісту ВВ не приводить до суттєвих змін електропровідності. Таке різке збільшення електропровідності при такій малій концентрації наповнювача можна пояснити особливими геометричними розмірами наповнювача. Співвідношення довжини ВВ до його діаметру l/d значно впливає на максимально можливий ступінь наповнення. Для композитів, наповнених сажею, поява порогу перколяції спостерігається за вмісту наповнювача 0,02 об. част. Це значно пізніше в порівнянні з композитами, наповненими ВВ. Дане явище також можна пояснити геометричними характеристиками наповнювача. Оскільки сажа дисперсний наповнювач, має більший ступінь наповнення у порівнянні з волокнистим наповнювачем, для досягнення порогу перколяції потрібна більша об'ємна концентрація сажі а ніж ВВ.

Залежність електропровідності від вмісту гібридного наповнювача (сажа/ВВ) (рис.2.) суттєво відрізняється від залежності для мононаповнених композитів. Для даної системи характерний подвійний поріг перколяції. Перший виникає при загальному вмісті наповнювача 0,0045 об. част., а наступний при 0,017 об. част. Дане явище можна пояснити властивостями наповнювачів та їх взаємодією між собою. Перший поріг виникає за рахунок структури утвореної ВВ. і далі, при збільшенні концентрації бінарного наповнювача, визначальний вплив відіграє саме цей наповнювач як головний структуроутворювач провідної сітки в ПГК. Проте при збільшенні об'ємної концентрації бінарного наповнювача близької до концентрації на порозі перколяції для сажонаповнених композитів з'являється наступний стрибок електропровідності, пов'язаний із значним збільшенням концентрації сажі, що створює в результаті більш розгалужену провідну сітку разом з ВВ. Таким чином,

бінарне наповнення ВВ/сажа дає цікавий результат, який не спостерігається при наповненні кожним наповнювачем окремо.

Це можна пояснити утворенням так званої провідної структури в гібридному композиті, яку складно створити, за відповідних концентрацій, при введенні одного із наповнювачів (Рис.2).

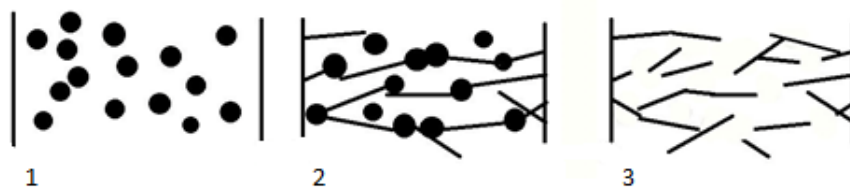


Рис. 2. Схематичне зображення розподілу частинок дисперсних і волокнистих наповнювачів в структурі ПВХ композицій: 1) дисперсний наповнювач; 2) дисперсний і волокнистий наповнювачі; 3) волокнистий наповнювач

В якості волокнистих наповнювачів було вибрано різні типи матеріалів окрім вуглецевих також металеві - мідні. Композити, наповнені МВ, показали наступні результати вимірювань представлені на графіку (Рис.3).

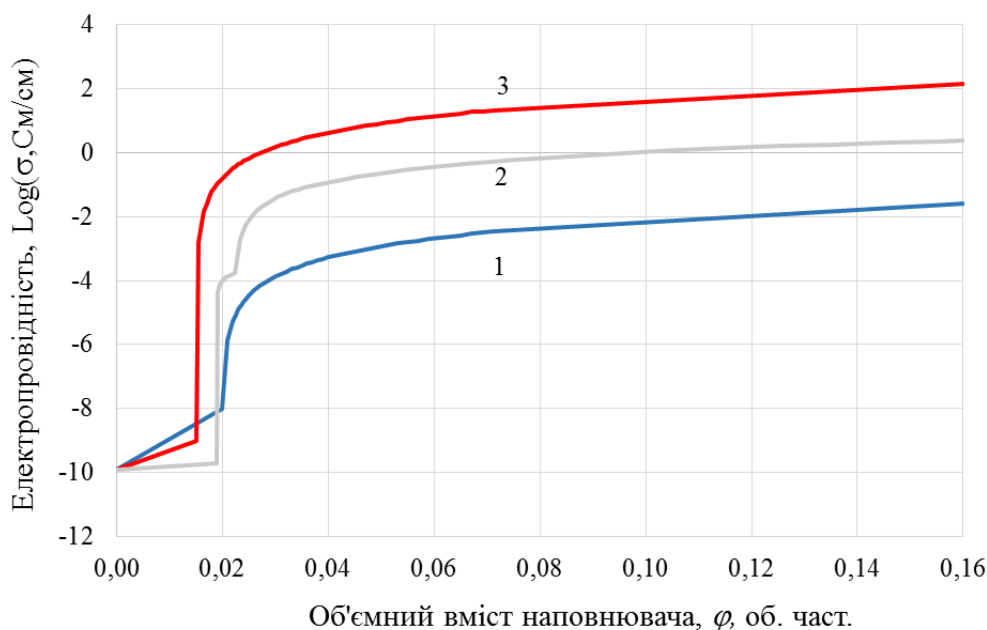


Рис. 3. Залежність електропровідності зразків композитів на основі ПВХ від вмісту наповнювача:
1 - сажа, 2 - сажа/МВ, 3 – МВ

Для композитів, наповнених МВ, поява порогу перколяції спостерігається за вмісту наповнювача 0,015 об. част. Для композитів наповнених сажа/МВ перший поріг перколяції спостерігається за вмісту наповнювача 0,018 об. част., а потім другий за вмісту 0,022 об. част.. Даний результат дещо схожий з попереднім графіком але враховуючи розмірність МВ що значно більша від сажі та ВВ стрибки електропровідності у ГПК наповнених сажа/МВ відбувається дещо пізніше ніж у ГПК наповнених сажа/ВВ.

В роботі було використано пару наповнювачів НП та ВВ. Результати вимірювань опору створених композитів з даними наповнювачами наведено на наступному графіку (Рис.4).

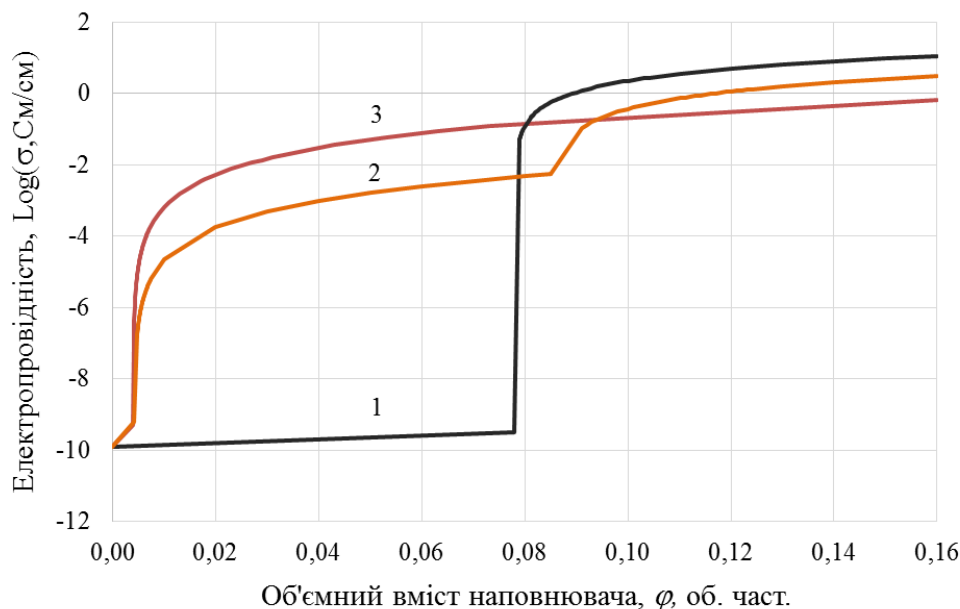


Рис. 4. Залежність електропровідності зразків композитів на основі ПВХ від вмісту наповнювача:
1 - НП, 2 - НП/ВВ, 3 - ВВ

Для композитів, наповнених НП, поява порогу перколяції спостерігається за вмісту наповнювача 0,078 об. част. Для композитів наповнених НП/ВВ перший поріг перколяції спостерігається за вмісту наповнювача 0,0042 об. част., а потім другий за вмісту 0,085 об. част.. Даний результат можна пояснити як і для попереднього графіка розмірність НП що значно більша від сажі та ВВ.

Таким чином можна зробити висновок що гібридне наповнення економічно вигідніше. За меншого вмісту кожного із наповнювачів майже у двічі можна досягти того ж показника провідності що при наповненні кожним наповнювачем окремо. Таким чином комбінуючи наповнювачі та їх вміст в полімерній матриці можна контролювано задавати електропровідні властивості, але треба враховувати особливості кожного матеріалу його природу, фізичні властивості, структуру, розміри.

Висновки. Створено ПГК на основі ПВХ та досліджено вплив природи, структури та вмісту дисперсних та волокнистих наповнювачів на їх електропровідність. Встановлено, що на електропровідні властивості ПГК значно впливає як тип наповнювача так і його вміст. Найбільший вплив на електропровідні властивості ПГК має наповнювач ВВ та МВ. Збільшення вмісту ВВ та МВ значно покращує електропровідність ПГК. Використання волокнистих матеріалів завдяки їх високій анізотропії, в поєднанні з дисперсними матеріалами дає можливість отримати електропровідні матеріали з низьким перколяційним порогом, тобто з низьким вмістом наповнювача. Так поріг перколяції для ПГК наповнених сажі/ВВ спостерігається за вмісту 0,45 %об., і наповнених НП/ВВ за вмісту 0,42 %об., в той час як для композицій з сажі/МВ 1,8 %об. Електрофізичні характеристики таких матеріалів визначаються структурною організацією провідної фази, що складається з наповнювачів і

залежить від багатьох факторів, головний з яких, геометричні параметри частинок наповнювача. В залежності від значення електропровідності отримані ПГК на основі ПВХ з наповнювачем сажа/ВВ, сажа/МВ можуть застосовуватись як: антистатичні матеріали (10^{-4} – 10^{-7} См/см), екрануючі матеріали від електромагнітного випромінювання (10^1 – 10^4 См/см), струмопровідні матеріали (10^1 – 10^4 См/см).

Список використаних джерел

1. Dang, Z.-M. Origin of remarkable positive temperature coefficient effect in the modified carbon black and carbon fiber cofilled polymer composites [Text] / Z.-M. Dang, W.-K. Li, Xu // Journal Applied Physics. 2009. — V.50. — P. 3747—3754. synergistic.
2. Etika, K. C. The influence of synergistic stabilization of carbon black and mechanical properties of epoxy composites [Text] / K.C. Etika, L. Liu, L.A. Hess, J.C. Grunlan // Carbon. 2009. — V.47. — P. 3128—3136.
3. Liang, G. D. Microstructure and properties of polypropylene composites filled with silver and carbon nanotube nanoparticles prepared by melt-compounding [Text] / G.D. Liang, S.C. Bao // Materials Science and Engineering B. 2007. — V.142. — P. 55—61.
4. Lui, L. Clay assisted dispersion of carbon nanotubes in conductive epoxy nanocomposites [Text] / L. Lui, J.C. Grunlan // Advanced Functional Materials. 2007. — V. 17. — P. 2343–2348.
5. Feller, J. F. Influence of clay nanofiller on electrical and rheological properties of conductive polymer composite [Text] / J.F. Feller, S. Bruzard, Y. Grohens // Materials Letters. 2004. — V.58. — P.739—745.
6. Konishi Y. Nanoparticle induced network self-assembly in polymer-carbon black composites [Text] / Y. Konishi, M. Cakmark // Polymer. 2006. — V.47. — P.5371—5391.
7. Polymer nanocomposites with clay and carbon nanotubes / Q.Fu, C. Tang, H. Oen, Q. Zhang // Polymer Nanotube Nanocomposites / Q. Fu, C. Tang, H. Oen, Q. Zhang. — New Jersey. 2010. — P. 83–111.
8. Wang, Z. A simple method for preparing carbon nanotubes/clay hybrids in water [Text] / Z. Wang, X. Y. Meng, J. Z. Li, X.H. Du, S. W. Li, Z. W. Jiang, T. Tang // Journal of Physical Chemistry C. 2009. — V.113. — P. 8058–8064.
9. Enhanced electrical conductivity of nanocomposites containing hybrid fillers of carbon nanotubes and carbon black / [P. C. Ma, M. Liu, H. Zhang et. all.]. // Applied Materials and Interfaces. 2009. — V. 1, No 5. — P.1090–1096.
10. Луцейкин, Г. А. Методы исследования электрических свойств полимеров [Текст] / Г. А. Луцейкин — М.: Химия, 1988. — 160 с.

ЕЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ГИБРИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

КУРЫПТЯ Я.А., САВЧЕНКО Б.М., ШОСТАК Т.С., НОВАК Д.С.,
ИСКАНДАРОВ Р.Ш.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Установления влияния природы, структуры и содержания дисперсных и волокнистых наполнителей на электропроводность полимерных гибридных композитов (ПГК) на основе поливинилхлориду (ПВХ).

Методика. Образцы композиций получали методом компаундирования в две стадии: 1) перемешивания компонентов у высокоскоростном турбосмесителе периодического действия; 2) спекания в подогреваемой прессформе. Для исследования свойств полученных композиций были использованы следующие методы: вольт-амперометрические измерения объемного и поверхностного сопротивления.

Результаты. Показана возможность создания ПГК на основе ПВХ с различными типами и комбинациями наполнителей с гибкими и регулируемыми электропроводящими свойствами. Установлено, что проводимость ПГК значительно зависит от содержания основного, более ведущего, наполнителя и его взаимодействия с дополнительным. Установлено, что сочетание волокнистых наполнителей с порошковыми наполнителями устраняет недостатки, обусловленные анизотропией волокнистых наполнителей в случае наполнения только волокном, что подтверждается данными электрофизических испытаний.

Научная новизна. Разработан новый способ варьирования электропроводящих и других эксплуатационных свойств путем создания ПГК на основе ПВХ.

Практическая значимость. Полученные ПГК с регулируемыми электропроводящими свойствами могут быть использованы в зависимости от этих свойств как антистатики, экранирующие материалами от электромагнитных излучений, в качестве элементов сетей низковольтного тока.

Ключевые слова: полимерные гибридные композиты, волокнистый, дисперсный наполнитель, поливинилхлорид, электропроводность.

CONDUCTIVE HYBRID POLYMER COMPOSITE BASED ON POLYVINYLCHLORIDE

KURYPTYA Y., SAVCHENKO B., SHOSTAK T., NOVAK D.S., ISKANDAROV R.
Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Finding the influence of nature, structure and content of dispersed and fibrous fillers on the conductivity of hybrid polymer composites (HPC) based polyvinyl chloride (PVC).

Methodology. Composite sample obtained by compounding in two stages: 1) mixing the components in the high-speed mixer; 2) heated in a molding form. To assess the properties of obtained composites the following methods have been used: volt-ampereometric measurements of volume resistance.

Findings. Obtained HPC composites has flexible and adjustable conductive properties. Established that the conductivity depends on the content, fiber filler. It was established that the combination of the fibrous filler powder fillers eliminates the drawbacks caused by anisotropy fiberfill filling only when fiber, which was confirmed by electro tests.

Originality. A new way of varying the conductive and other performance properties by creating HPC based on PVC.

Practical value. HPC obtained with adjustable conductive properties can be used for antistatic, screening materials from electromagnetic radiation, as elements of networks of low voltage current.

Keywords: hybrid polymer composites, fiber filler, particulate filler, polyvinyl chloride, conductivity.

УДК 544.643

БОРИСЕНКО Ю.В., НУРІАХМЕТОВА М.М.
Київський національний університет технологій та дизайну

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ В1341
СИСТЕМИ Al-Cu-Mg-Si У НЕЙТРАЛЬНИХ РОЗЧИНАХ
ТА ЙОГО СТІЙКОСТІ ПРОТИ РОЗШАРОВУЮЧОЇ
КОРОЗІЇ**

Мета. Вивчення електрохімічних властивостей алюмінієвого сплаву В1341 системи Al-Cu-Mg-Si у нейтральних розчинах та його стійкості проти розширвувуючої корозії.

Методика. Використано методику прискорених корозійних випробувань для алюмінієвих сплавів згідно з ГОСТ 9.908 — 85. Оцінку електрохімічних властивостей сплаву В1341 у нейтральних розчинах проведено потенціостатичним методом.

Результати. Визначено електрохімічні властивості та встановлено рівень стійкості алюмінієвого сплаву В1341 проти розширвувуючої корозії при нейтральному рівні рН середовища, без впливу і під впливом різних методів термообробки. Показано, що стійкість основного металу сплаву в стані поставки, після гартування та після гартування і штучного старіння не перевищує 2-3 балів за десятибальною шкалою корозійної стійкості.

Наукова новизна. Визначено рівень корозійної стійкості алюмінієвого сплаву В1341 системи Al-Cu-Mg-Si проти розширвувуючої корозії та його електрохімічну поведінку при різних видах термообробки.

Практична значимість. Алюмінієвий сплав В1341 поєднує в собі достатньо високу стійкість проти розширвувуючої корозії і високотехнологічні властивості, що робить його перспективною заміною сталевих листів в авіабудівництві і автобудівництві.

Ключові слова: алюмінієвий сплав, електрохімічні властивості, розширвувуюча корозія.

Вступ. Дослідження властивостей і стійкості конструкційних матеріалів проти корозії дозволяє оцінити перспективність використання того чи іншого металу або сплаву в конкретній області застосування і створити необхідний виріб з належними характеристиками і терміном експлуатації [1]. На даний момент алюміній і алюмінієві сплави широко застосовуються в різних галузях. Проблема корозійного розширвування для алюмінієвих сплавів різних систем є істотною. За статистичними даними, тільки в авіації має місце до 600 руйнувань деталей на рік від корозійного розширвування [2]. На даний момент вивчення впливу локальних видів корозії на сплав В1341 є актуальним з економічних і технологічних позицій. Проведення таких досліджень дозволить зробити висновки щодо можливостей застосування сплаву В1341 в нових технологічних конструкціях і оцінити терміни експлуатації виготовлених із цього матеріалу виробів.

Постановка завдання. Метою даної роботи є оцінка стійкості сплаву В1341 проти розширвувуючої корозії. Об'єктом дослідження даної роботи є алюмінієвий сплав В1341, який відноситься до високотехнологічних корозійностійких зварювальних сплавів середньої міцності [3,4].

Результати дослідження. В експериментальній частині використано стандартні хімічні, фізичні та фізико-хімічні методи для вивчення поведінки алюмінієвого сплаву в нейтральному середовищі [5]. Достовірність отриманих результатів, обґрунтування висновків та рекомендацій забезпечені достатнім обсягом експериментів виконаних згідно з

державними стандартами [6], застосуванням методів математичної статистики та використанням сучасної комп'ютерної техніки.

Для того, щоб отримати попередні дані про електрохімічну поведінку алюмінієвого сплаву В1341 в необробленому стані та в станах після застосування методів термічної обробки в нейтральному середовищі, було проведено визначення потенціалів зразків у стані без термообробки, після гартування та після гартування і штучного старіння. Вимірювання проводили у розчині 3 % NaCl відносно хлорсрібного електрода порівняння за допомогою потенціостату ПІ-50.1 протягом 30 хвилин. Перед вимірами зразки знежирювали оксидом магнію. Усі випробування проводили за температури $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ та відносній вологості повітря 750 мм рт. ст.

З таблиці 1 видно, що зразки, піддані термообробці, і зразки в вихідному стані мають різні електрохімічні потенціали в нейтральному середовищі.

Таблиця 1.

Електрохімічні потенціали зразків алюмінієвого сплаву В1341, В

У стані постачання	Після штучного старіння	Після штучного старіння і гартування
- 0, 729	- 0, 706	- 0, 730
- 0, 728	- 0, 710	- 0, 728
-0,730	-0, 714	- 0, 726
-0,728	-0, 717	- 0, 726

Зразки в стані після гартування мають відхилення значень потенціалу в сторону більш позитивних значень, що вказує на збільшення термодинамічної стійкості сплаву. Зразки в стані після гартування і штучного старіння практично не змінили потенціал і, відповідно, швидкість корозії сплаву в нейтральному середовищі після цих обробок не змінилася [7].

Дослідження стійкості зразків сплаву В1341 проти розшаровуючої корозії здійснювали згідно з ГОСТ 9.904-82 [6]. Випробування проводили у розчині складу $20 \text{ г/дм}^3 \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та $13,4 \text{ г/дм}^3 \text{ HCl}$ протягом 7 діб. Відношення об'єму розчину до одиниці площі поверхні зразків становило $10 \text{ см}^3 / 1 \text{ см}^2$. Випробування проводили в скляних ємкостях, зразки занурювали у випробувальний розчин, розташовуючи їх вертикально. Після закінчення випробувань зразки промивали у проточній, потім у дистильованій воді, висушували на повітрі. Зовнішній вигляд зразків до та після випробувань наведено на рисунках 1-6.

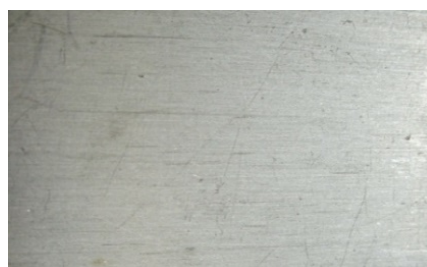


Рис. 1. Стан робочих поверхонь зразків сплаву В1341 у стані поставки до випробувань стійкості проти розшаровуючої корозії



Рис. 2. Стан робочих поверхонь зразків сплаву В1341 у стані поставки після випробувань стійкості проти розшаровуючої корозії

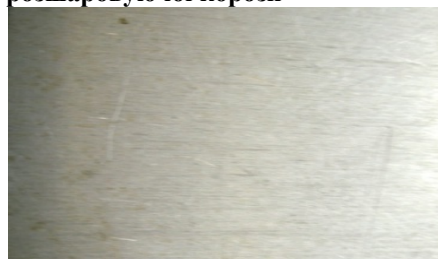
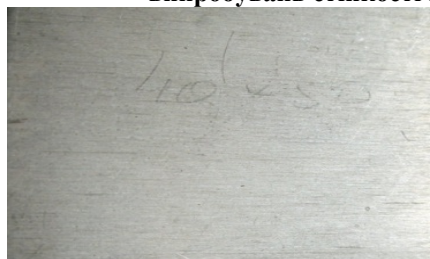


Рис. 3. Стан робочих поверхонь зразків сплаву В1341 після обробки методом «штучне старіння» до випробувань стійкості проти розшаровуючої корозії



Рис. 4. Стан робочих поверхонь зразків сплаву В1341 після обробки методом «штучне старіння» після випробувань стійкості проти розшаровуючої корозії



Рис. 5. Стан робочих поверхонь зразків сплаву В1341 після обробки методом «штучне старіння» і загартування до випробувань стійкості проти розшаровуючої корозії



Рис. 6. Стан робочих поверхонь зразків сплаву В1341 у після обробки методом «штучне старіння» і загартування після випробувань стійкості проти розшаровуючої корозії

Огляд досліджуваних зразків виконували одразу ж після випробувань. Під час огляду відмічали зміну кольору, наявність виразок та відшарувань на робочих поверхнях металу, визначали їх максимальний діаметр, вимірювали площу відшарувань на кожній поверхні зразків, оцінювали наявність тріщин на торцях, згідно з ГОСТ 9.904-82.

Наведені у таблиці 2 дані результатів дослідження дають уявлення про стійкість сплаву В1341 проти розшаровуючої корозії для кожного стану обробленості зразків.

Таблиця 2.

Результати оцінювання стійкості проти розшаровуючої корозії зразків алюмінієвого сплаву В1341 системи Al-Cu-Mg-Si

№	Характеристика зразків	Характер зміни зовнішнього виду	Найбільший діаметр відшарувань, мм	Площа відшарування на кожній поверхні, %, А	Площа відшарування на кожній поверхні, %, В	Сумарна довжина торців із тріщинами, мм				Значення показників, бали
1.1	У стані поставки	Відшарування	>1	>1,5	>1,5	0	0	0	0	2-3
1.2	У стані поставки	Відшарування	>1	>1,5	>1,5	0	0	0	0	2-3
2.1	Після штучного старіння	Відшарування	>1	>1,0	>1,0	0	0	0	0	2-3
2.2	Після штучного старіння	Відшарування	>1	>1,0	>1,0	0	0	0	0	2-3
3.1	Після штучного старіння і загартування	Відшарування	>1	>1,5	>1,5	0	0	0	0	2-3
3.2	Після штучного старіння і загартування	Відшарування	>1	>1,5	>1,5	0	0	0	0	2-3

Встановлено, що на всіх зразках (у стані поставки, після штучного старіння, після гартування і штучного старіння) є відшарування, діаметр яких не перевищує 1 мм. Розмір площі відшарування на поверхнях досліджуваних зразків металу (у стані поставки та після гартування і штучного старіння) не перевищує 1,5%, після штучного старіння – не перевищує 1,0%. Розшарування по торцях не виявлено на жодному із зразків. Таким чином, згідно з ГОСТ 9.904-82, стійкість проти розшаровуючої корозії основного металу зразків сплаву В1341 (у стані поставки, після штучного старіння, після гартування і штучного старіння) оцінено як 2-3 бали за десятибальною шкалою.

З експлуатаційної точки зору, алюмінієвий сплав В1341 виявляє достатню стійкість проти розшаровуючої корозії, що дозволить його широко застосовувати у виробках авіаційної техніки у вигляді обшивок, деталей внутрішнього набору, перегородок, вузлів кріплення, трубопроводів, зварних балонів різного призначення, а також для виготовлення конструкцій для наземного транспорту. Алюмінієвий сплав В1341 є матеріалом групи магналій [3,7,8], який поєднує в собі високотехнологічні властивості і достатньо високу стійкість проти розшаровуючої корозії, що робить його перспективною заміною сталевих листів в авіабудівництві і автобудівництві [8].

Висновки. Досліджені зразки алюмінієвого сплаву В1341 в стані після гартування в нейтральному середовищі мають відхилення значень потенціалу в бік більш позитивних значень, що вказує на збільшення термодинамічної стійкості сплаву. Зразки сплаву в стані після гартування і штучного старіння практично не змінили значення потенціалу, це свідчить, що швидкість корозії сплаву не змінилася. Випробування зразків алюмінієвого сплаву В1341 на стійкість проти розшаровуючої корозії показує, що стійкість основного металу сплаву в стані поставки, після гартування та після гартування і штучного старіння, однаково не перевищує 2-3 балів за десятибальною шкалою. Алюмінієвий сплав В1341 поєднує в собі високотехнологічні властивості і достатньо високу стійкість проти розшаровуючої корозії, що робить його перспективною заміною сталевих листів в авіабудівництві і автобудівництві. Однак є потреба в подальшому дослідженні електрохімічних властивостей і стійкості проти міжкристалічної корозії виробів із даного сплаву в різних станах термообробки.

Список використаних джерел

1. Michael Schutze, Corrosion Resistance of Aluminium and Aluminium Alloys [Text] / Michael Schutze, Dietrich Wieser, Roman Bender; – Wiley-VCH Verlag GmbH. - 2010. – Р. 270-277.
2. United Nations Statistics Division [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://unstats.un.org>.
3. Фридляндер И.Н. Свойства листов из высокотехнологичного сплава В1341. [Текст] / И.Н. Фридляндер, О.Е. Грушко, Л.М. Шевелева –// Металловедение и термическая обработка металлов. – М., 2004. – №12.– С. 3–6.
4. Фридляндер И.Н. Термически упрочняемый сплав В1341 для холодной листовой штамповки. [Текст] / И.Н. Фридляндер, В.Г. Систер, О.Е. Грушко и др. – / Металловедение и термическая обработка металлов. – М., 2004. – №9. – С. 3–7.
5. ГОСТ 9.908 – 85 Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.
6. ГОСТ 9.908 – 82 Единая система защиты от коррозии и старения. Методы коррозионных испытаний. Общие требования.
7. J. A. DeRose, Aluminium Alloy Corrosion of Aircraft Structures [Text] /J. A. DeRose, T. Suter, T. Hack, R. A. Adey – // Wit Pr/Computational Mechanics. – 2012. – Р. 83–88.
8. Фридляндер И.Н. Алюминиевые сплавы – перспективный материал в автомобилестроении. [Текст] / Фридляндер И.Н., Систер В.Г., Грушко О.Е. и др.– // Металловедение и термическая обработка металлов. – М., 2002. – № 9. – С. 3–9.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В1341 СИСТЕМЫ Al-Cu-Mg-Si В НЕЙТРАЛЬНОМ РАСТВОРЕ И ЕГО СТОЙКОСТИ ПРОТИВ РАССЛАИВАЮЩЕЙ КОРРОЗИИ

БОРИСЕНКО Ю.В., НУРИАХМЕТОВА Н.Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Изучение электрохимических свойств алюминиевого сплава В1341 системы Al-Cu-Mg-Si в нейтральных растворах и его устойчивости к расслаивающей коррозии.

Методика. Использована методика ускоренных коррозионных испытаний для алюминиевых сплавов по ГОСТ 9.908 - 85. Оценку электрохимических свойств сплава В1341 в нейтральных растворах проведено потенциостатическим методом.

Результаты. Определены электрохимические свойства и установлен уровень устойчивости алюминиевого сплава В1341 против расслаивающей коррозии при нейтральном уровне *pH* среды, без влияния и под влиянием различных методов термообработки. Показано, что устойчивость основного металла сплава в состоянии поставки, после закалки и после закалки и искусственного старения не превышает 2-3 баллов по десятибалльной шкале коррозионной стойкости.

Научная новизна. Определен уровень коррозионной стойкости алюминиевого сплава В1341 системы Al-Cu-Mg-Si против расслаивающей коррозии и его электрохимическое поведение при различных видах термообработки.

Практическая значимость. Алюминиевый сплав В1341 сочетает в себе достаточно высокую устойчивость против расслаивающей коррозии и высокотехнологичные свойства, что делает его перспективной заменой стальных листов в авиастроении и автомобилестроении.

Ключевые слова: *алюминиевый сплав, электрохимические свойства, расслаивающая коррозия.*

INVESTIGATION OF ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF ALUMINUM ALLOY B1341 SYSTEM Al-Cu-Mg-Si IN NEUTRAL SOLUTION AND ITS RESISTANCE TO EXFOLIATION CORROSION

BORYSENKO Y. V., NURIAHMETOVA N. N.

Kiev National University of Technology and Design

Objective. The investigation of electrochemical properties of aluminum alloy B1341 system Al-Cu-Mg-Si in neutral solutions and its resistance to exfoliation corrosion.

Methods. The technique used for accelerated corrosion testing of aluminum alloys according to GOST 9,908 - 85. Evaluation of the electrochemical properties of the alloy B1341 in neutral solutions was performed by potentiostatic method.

Results. Defined the electrochemical properties of aluminum alloy and set the level of resistance against exfoliation corrosion B341 at neutral pH, without the influence and under the influence of different heat treatment methods. It is shown that the stability of the parent metal in delivery condition after quenching and after quenching and artificial aging does not exceed 2-3 points on a scale of corrosion resistance.

Scientific novelty. Defined the level of corrosion resistance of aluminum alloy B 1341 system Al-Cu-Mg-Si against exfoliation corrosion and electrochemical behavior of different types of heat treatment.

Practical significance. Aluminum alloy B1341 combines a high enough resistance to exfoliation corrosion and high-tech features, making it a promising substitute for steel sheets in aircraft construction and the automotive industry.

Keywords: *aluminum alloy, electrochemical properties, exfoliation corrosion.*

УДК 678.742.3

ЩЕНКО О.В., ЛЯШОК І.О., СТРИЛЕЦЬ А.А.,
ПРОНІН А.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

ПОЛІПШЕННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Дослідження можливості поліпшення споживчих властивостей полімерів за рахунок використання полімерних концентратів вітчизняного виробництва та визначення впливу вмісту тальку в концентратах на колористичні характеристики полімерних виробів.

Методика. Композиції на основі поліетилену високого тиску (ПЕВТ) та концентратів барвників, що містять різну кількість тальку, отримувалися на лабораторних вальцях ЛВС-500. Використані сучасні експрес-методи для отримання колористичних характеристик за допомогою комп'ютерної техніки та комп'ютерних програм.

Результати. Отримані зразки полімерних композицій на основі поліетилену високого тиску (ПЕВТ) та концентратів барвників з різним вмістом тальку, та визначено його вплив на колористичні характеристики.

Наукова новизна. Встановлені колористичні залежності полімерних виробів від концентрації барвників з різним вмістом тальку.

Практична значимість. Отримані результати сприятимуть прогнозуванню характеристик кольору виробів. Запропоновано використовувати експрес-метод для визначення колористичних характеристик для полімерних виробництв.

Ключові слова: споживчі властивості, полімерні концентрати, суперконцентрати, колористичні характеристики, наповнені полімерні композити.

Вступ. У зв'язку з підвищенням вимог до виробів з полімерних матеріалів з'явилась необхідність в поліпшенні їх експлуатаційних, технологічних, естетичних і гігієнічних характеристик. Постійно зростають вимоги ринку до якості, кольорової гами та асортименту пластмасових виробів, що стимулює розвиток ринкового сектору добавок до полімерних матеріалів. Значна частка концентратів та суперконцентратів для фарбування полімерів на українському ринку є імпортованою, має високу вартість, що збільшує собівартість продукції. Тому постає проблема забезпечення промисловості України полімерними концентратами та суперконцентратами вітчизняного виробництва, які б задовольняли потреби внутрішнього споживчого ринку.

Додавати барвник в розплав пластику можна у вигляді порошку або в складі іншого розплаву. Фарбування полімерів в масі шляхом введення порошку барвника має ряд недоліків, серед яких: незадовільні оптичні властивості забарвленого полімеру, невиправдано висока витрата дорогого барвника, забруднення обладнання та ін. Для запобігання описаним вище недолікам, а також поліпшення умов праці при фарбуванні пластиків використовують концентрати барвників [1].

Концентрати являють собою дисперсії пігментів в полімерах, і містять у своєму складі до 20% барвника. Суперконцентрати (до 80% барвника) містять додатково спеціальні добавки. Суперконцентрати поділяються на ті, які модифікують властивості полімерів та покращують їх переробку у виробі — Additive-Masterbatch, суперконцентрати барвників — Color-Masterbatch.

Існує безліч концентратів, які дозволяють пофарбувати полімер практично в будь-який колір і відтінок в межах відомої гами кольорів. Крім того, є концентрати, що дозволяють отримати різні спецефекти, від яких зовнішній вигляд полімерних виробів істотно змінюється.

Для надання виробу необхідних властивостей в комплексі, наприклад, стійкості до дії ультрафіолетового випромінювання, негорючості, гнучкості і колористичної стабільності, можливі комбінації цих добавок в одному концентраті. У кожному конкретному випадку необхідно передбачити можливі варіанти взаємодії добавок одна з одною, оскільки це може як покращувати властивості матеріалу, так і привести до зниження ефекту модифікації. Суперконцентрати розрізняються також відповідно до способу переробки полімерних матеріалів, наприклад, для лиття виробів під тиском, екструзії (нитки, плівки, труби) і т. п.[2]

У 50-60 рр. минулого століття фарбування полімерів здійснювалося головним чином на стадії синтезу, додаванням 10-20-кратних концентратів пігментів, що отримують на основі того ж полімерного матеріалу, який необхідно забарвити. Зі збільшенням обсягів виробництва полімерних матеріалів випуск полімерів широкої кольорової гами на заводах, які виробляють гранулят, став економічно не вигідним. Тому, в 70-х роках в країнах Західної Європи переважаючим став метод забарвлення термопластів в процесі виготовлення виробів. Цьому сприяли, з одного боку, розробка і організація виробництва випускних форм - суперконцентратів пігментів, з іншого - створення більш досконалих видів обладнання для переробки пластмас, що дозволяє автоматизувати процес фарбування виробів.

Вже у 80-ті роки минулого століття випускався широкий асортимент органічних і неорганічних пігментів, придатних для фарбування полімерів. Однак, підготовка основної маси барвників, призначених для фарбування полімерів, проводилась тільки на підприємствах, що випускають пофарбовані в масі волокна і пластмаси.

В даний час суперконцентрати барвників виробляються відповідно до таких кольірних каталогів, як RAL, HKS, Pantone, NCS та ін. При цьому деякі компанії, наприклад, німецька GrafeColorBatch, виготовляють до 5000 нових барвників на рік для всіх видів полімерів. Компанії постійно розширюють асортимент (кольірну гаму) суперконцентратів пігментів (СКП). Так, 15 березня 2006 року PolyOne оголосила про введення свого каталогу OnColor™ colorants більш ніж із 100 кольорами. Каталог CatalogColorSelector надає можливість замовникам швидко оцінювати, а потім вибирати колір для їх виробів. Якщо вимоги замовника за межами стандартного кольору, експерти можуть підібрати цей колір з бази даних із більш ніж 5-ти мільйонами синтезованих барвників. Ця електронна система відповідності кольору дозволяє PolyOne швидко задовольняти вимогам замовників в підборі кольору, стежити за ринком і пропонувати продукт, який найбільш потрібний сьогодні. Все більшої популярності набувають барвники в рідкій формі, тому що вони зручні у використанні і часто дозволяють створювати спеціальні ефекти (хромованої, металевої, перлової, матової поверхні та ін.) Дослідження спрямовані на розробку і створення універсальних концентратів пігментів, придатних для фарбування широкого кола полімерних матеріалів [1].

В останній час багато досліджень спрямовані на розробку і створення універсальних концентратів пігментів, які придатні для забарвлення широкого кола полімерних матеріалів, добре диспергуються, мають високу кольоровіддачу, рівномірність забарвлення та

відтворюваність кольору, економію за рахунок високої концентрації активного агента, крім того, суперконцентрати пігментів не повинні впливати на фізико-механічні властивості виробів та бути зручними у застосуванні.

Постановка завдання. Дослідження можливості поліпшення споживчих властивостей полімерів за рахунок використання полімерних концентратів вітчизняного виробництва та визначення впливу вмісту тальку в концентратах на колористичні характеристики полімерних виробів. Використання оптимального методу дослідження колірних характеристик на доступному обладнанні.

Результати дослідження. Значна частина переробки полімерних матеріалів використовує вторинну сировину, яка може бути забарвленою. З цією метою необхідно розробляти спеціальні концентрати, що прогнозовано фарбуватимуть полімерні матеріали у заданий колір із застосуванням доступного обладнання. В Україні барвники для полімерів виробляють НПП «ПАКС», «Армапласт», Рубежанське ВАТ «Краситель», ВКФ «ТАНА», «Промтехкомплекс». Крім того на український ринок поставляють великий асортимент барвників з Австралії, Німеччини, Швейцарії, Бельгії, Англії та інших країн.

Найбільш затребуваними є концентрати для забарвлення поліолефінів. Для фарбування пластиків можуть використовуватися як неорганічні, так і органічні пігменти. Серед неорганічних пігментів найчастіше використовують діоксид титану, карбонат кальцію, сажу, кадмієві пігменти, кобальтові, залізоокисні, хромові та ін. З органічних пігментів найбільш важливими є азокпігменти, фталоціанінові, трифенілметанові і поліциклічні.

Об'єктом дослідження використали концентрат ПЕ зелений, який містить пігмент G7 (35%), полімерну основу – ПЕВТ марки 12203-250, диспергатор – поліетиленовий віск марки ПВ-200 (ТУ РБ 3000414455.024-2002, «Полімир» ОАО «Нафтан») та стеарат кальцію (ТУ У 24.6-20257936-025-2002), пігмент жовтий НР 83, пігмент жовтий РУ 313 (40%), пігмент білий TiO_2 (70%). Зразки композицій на основі поліетилену високого тиску (ПЕВТ) та концентратів барвників отримувалися на лабораторних вальцях ЛВС-500. В табл. 1 наведені кількісні співвідношення компонентів у зразках концентратів.

Таблиця 1.

Співвідношення компонентів у зразках концентратів

Зразка №	Вміст пігменту в пігментному концентраті, %		Вміст тальку, %
	Світло зелений	Темно зелений	
1	100	0	33
2	75	25	29
3	50	50	27
4	25	75	24
5	0	100	21

Як відомо, візуальна оцінка характеру забарвлення полімерів лише якісна і залежить від сприйняття кольору окремими людьми залежно від стану та спектральних характеристик падаючого на зразок світла.

Для швидкого кількісного опису кольору або зміни кольорів у промислових умовах проводять вимірювання дифузного відбивання або пропускання плоских зразків і на основі отриманої інформації розраховують колориметричні характеристики. Для цього, як правило,

використовують колориметри і спектрофотометри [3].

Іншим приладом для аналізу кольору плоских зразків є електронний кольорорідильник-кольорокоректор, що працює по методу розгортання зображення (кольоровий сканер). Для опису зовнішнього вигляду виробу крім дизайну (форми) і кольору виробу велике значення мають інші критерії (блиск, мутність, «апельсинова шкірка», прозорість/напівпрозорість).

Такі властивості залежать не тільки від освітлення та спостерігача, але й від виду матеріалу, структури поверхні. При впливі спрямованого випромінювання на забарвлену пробу можна виявити властивості поверхні тіла. Різниця в тому, що розподіл інтенсивності випромінювання відбитого від поверхні предмета, залежить від кута падіння променя. Тому на практиці для забезпечення якості необхідно оцінювати зовнішній вигляд виробу за допомогою об'єктивних вимірюваних критеріїв. Блиск поверхні описує візуальне сприйняття, яке виникає при розгляданні поверхні. Сприйняття блиску поверхні тим більш яскраво виражено, чим в більшій степені відбивається падаюче світло. При виробництві полімерних виробів необхідно визначитись з кольором, тоном та типом поверхні виробу. Одночасно з цим здійснюють вибір марок полімерів та концентратів, і визначають результуючий колір в залежності від способу та тривалості переробки [4,5].

Одним з новітніх вимірювальних приладів для визначення зміни кольору є кольоровий сканер (тип: catscope — TTFTTR), що був розроблений для аналізу лакофарбних систем [6]. Принцип роботи такого приладу подібний до принципу роботи стандартного планшетного RGB-сканера, тобто оцінка кольору зразка відбувається за рахунок зчитування даних CCD-матрицею. Відцифровану інформацію обробляли за допомогою програмного забезпечення Kml color converter v 2.0, що дозволило високоточно розпізнати зразки.

В табл. 2 наведені кількісні колірні характеристики зразків полімерних концентратів з використанням систем для характеристики кольору RGB, CMYK, L*a*b* за ДСТУ 30821:2002.

Таблиця 2.

Колірні характеристики зразків полімерних концентратів

Зразок №	RGB, ум од			CMYK, %				L*a*b*		
	R	G	B	C	M	Y	K	L	a	b
1	60	135	42	75	0	93	120	49	-39	41
2	50	122	47	75	0	75	133	46	-38	35
3	44	116	42	72	0	74	139	43	-34	35
4	47	123	48	76	0	75	132	46	-38	35
5	45	120	53	75	0	67	135	44	-41	28

Був проведений аналіз колірних характеристик. Розраховані коефіцієнти кольорового відхилення (ΔE) від темнозеленого кольору, що прийнятий еталоном ($L_{т.з.}$), жовтизни (Y_i), та білизни (W_i).

$$\Delta E = [(L_{т.з.} - L_i)^2 + (a_{т.з.} - a_i)^2 + (b_{т.з.} - b_i)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$Y_i = b/L \quad (2)$$

$$W_i = 100 - [(100 - L_i)^2 + a^2 + b^2]^{0.5} \quad (3)$$

Дані розрахунку відхилень колірних характеристик наведені у табл. 3.

Таблиця 3.

Аналіз колірних характеристик зразків

Зразок №	Концентрація, % тальку	L*a*b*			ΔE	Y_i	W_i
		L	a	b			
1	33	49	-39	41	14,071	0,837	23,823
2	29	46	-38	35	7,874	0,761	25,267
3	27	43	-34	35	9,95	0,814	24,967
4	24	46	-38	35	7,874	0,761	25,267
5	21	44	-41	28	0	0,636	25,16

Аналізуючи дані табл. 3 визначено, що для зразків 2 і 4 спостерігаються однакові значення коефіцієнтів відхилення. Зі зменшенням концентрації тальку спостерігається зниження коефіцієнту жовтязни та збільшення коефіцієнту білизни.

Вимірювання колірних характеристик за допомогою експрес-методу дозволяє визначити навіть незначні зміни кольору, що непомітні оку людини. Використання доступного обладнання – сканеру дозволяє ефективно і швидко визначати необхідні дані, що дає можливість вирішувати технологічні проблеми і задачі.

Висновки. Досліджені можливості поліпшення споживчих властивостей полімерів за рахунок використання полімерних концентратів вітчизняного виробництва. Визначили, що вміст тальку в концентратах впливає на колористичні характеристики полімерних виробів. Зі зменшенням концентрації тальку спостерігається зниження коефіцієнту жовтязни та збільшення коефіцієнту білизни. Дані отримані з використанням сканеру і на стандартному спектрофотометрі мають незначну різницю, що коливається у межах 10 %, але, враховуючи доступність обладнання, та необхідність постійної калібровки спектрофотометрів, доцільно використовувати запропонований експрес-метод для визначення колірних характеристик полімерних зразків в умовах виробництва. Результати вимірювань дозволяють розрахувати склад композицій і прогнозовано отримувати полімерні зразки з заданими колірними характеристиками.

Список використаної літератури

1. Мировой рынок красителей для полимеров. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=1684 – дата обращения 27.04.2016.
2. Пигменты для окрашивания полимеров: анализ свойств. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://polymery.ru/letter.php?n_id=3339&cat_id=3 – дата обращения 27.04.2016.
3. Мюллер А. Окрашивание полимерных материалов / Пер. с англ. С.В. Бронникова. — СПб.: Профессия, 2006. — 280 с.
4. Klein, G. Farbenphysik fur industrielle Anwendungen; Springer Verlag, Berlin, 2004, -344 s.
5. Сумская О.П., Прохорова И.А., Полищук С.А. Применение компьютеризованных комплексов для эффективного формирования окраски шерстяных фактурных тканей/ Восточно-европейский журнал передовых технологий, №3/10(63), 2013 р., с.58-61.
6. J. C. J. Bart, Additives In Polymers: Industrial Analysis And Applications. [Текст] / J. C. J. Bart ./ - John Wiley & Sons, Ltd , Chapter 1, pp. 1-11, 2005.

УЛУЧШЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ИЩЕНКО Е.В., ЛЯШОК И.А., СТРИЛЕЦ А.А., ПРОНИН А.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование возможности улучшения потребительских свойств полимеров за счет использования полимерных концентратов отечественного производства и определения влияния содержания талька в концентратах на колористические характеристики полимерных изделий.

Методика. Композиции на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и концентратов красителей, содержащих разное количество талька, получались на лабораторных вальцах ЛВС-500. Использованы современные экспресс-методы для получения колористических характеристик с помощью компьютерной техники и компьютерных программ.

Результаты. Полученные образцы полимерных композиций на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и концентратов красителей с разным содержанием талька, и определено его влияние на цветовые характеристики.

Научная новизна. Установленные колористические зависимости полимерных изделий от концентрации красителей с разным содержанием талька.

Практическая значимость. Полученные результаты будут способствовать прогнозированию характеристик цвета изделий. Предложено использовать экспресс-метод для определения колористических характеристик для полимерных производств.

Ключевые слова: *потребительские свойства, полимерные концентраты, суперконцентраты, колористические характеристики, наполненные полимерные композиты*

IMPROVEMENT OF POLYMERIC MATERIALS CONSUMER-VALUABLE PROPERTIES

ISHCHENKO E.V., LIASHOK I.A., STRILEC A.A., PRONIN A.A.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. To research a feasibility of polymeric materials consumer-valuable properties improvement through the use of domestically manufactured polymeric concentrates and clarification of talc proportion in concentrates impact on polymeric goods coloristic characteristics.

Methodology. Several compositions based on high-density polyethylene (HDPE) and dye concentrates containing different amount of talc were produced on laboratory rolls (LWS-500). Modern express-methods were employed to determine coloristic characteristics by using computer hard- and software.

Findings. Samples of polymeric compositions based on high-density polyethylene (HDPE) and dye concentrates containing different amount of talc were obtained and the impact of talc proportion in dye concentrates on coloristic characteristics was clarified.

Originality. Experimental data of the research of talc proportion impact on coloristic characteristics are presented. When talc proportion in dye concentrate is decreased the yellowness index decreases too and whiteness index increases conversely.

Practical value. The results obtained will help to forecast color properties of polymeric goods. It is proposed to employ express-method on polymeric manufactures for coloristic characteristics determination.

Keywords: *consumer-valuable properties, polymeric concentrates, superconcentrates, coloristic characteristics, filled polymeric composites.*

УДК 7.012:001.891

ПРАСОЛ С.І., СТРУМІНСЬКА Т.В., ПАШКЕВИЧ К.Л.
Київський національний університет технологій та дизайну

АНАЛІЗ ХУДОЖНІХ ТВОРІВ ЯК ЗАСІБ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ПЕРСПЕКТИВА ТА ТІНІ»

Мета. У статті розглянуті питання побудови перспективних зображень в картинах відомих художників епохи Ренесансу і Бароко. Визначено значимість аналізу художніх творів при вивченні дисципліни «Перспектива і тіні», місце перспективи в загальній теорії зображень.

Методики. Застосовано системний та порівняльний аналіз пейзажного живопису митців періоду Ренесансу і Бароко.

Результати. Аналіз творів живопису Ренесансу і Бароко дав можливість відстежити розвиток повітряної перспективи як мислення у художників того часу. Проаналізовані етапи розвитку перспективи як науки, викладені підходи до аналізу перспективи в зображенні об'єкту і ролі даного аспекту у формуванні професіоналізму майбутнього дизайнера.

Наукова новизна. Визначено, що порівняльний аналіз художніх творів різних періодів є необхідною складовою практичних завдань для оволодіння та засвоєння матеріалу при вивченні дисципліни «Перспектива та тіні» та розуміння загальних законів розвитку геометричних систем перспективи.

Практична значимість. Отримані результати можуть бути використані при вивченні дисципліни «Перспектива та тіні» студентами спеціальності «Дизайн» та при ідентифікації художніх творів за епохою.

Ключові слова: пейзажний живопис, період Ренесансу, період Бароко, перспективні побудови, повітряна перспектива, лінійна перспектива, дисципліна «Перспектива та тіні».

Вступ. Традиційно склалося, що вивчення теорії і опанування методів побудови лінійної і повітряної перспективи є невід'ємною складовою дизайнерської освіти і формування професійної компетентності дизайнера. Не знаючи основних законів перспективи, не можна достовірно і точно побудувати зображення будь-якого, навіть простого предмету. Теорія перспективи підкріплює практику спостереження і допомагає митцю точніше побачити перспективні явища в процесі фіксації художнього образу і закономірності його візуалізації на основі отриманих знань [1].

Лінійна перспектива, повітряна перспектива, як засоби зображення, служать спільній меті. З їх допомогою митець зображує на картинній площині навколишні предмети такими, якими вони представляються в просторі. Однак шляхи, що ведуть до досягнення цієї мети, відрізняються для малюнка і перспективи. Побудова перспективних зображень завжди виконується за певною геометричною системою з урахуванням фізіологічних особливостей зорового апарату людини. При малюванні, навпаки, художник керується суб'єктивними оцінками і судженнями, звертаючись до геометричних схем лише як до допоміжного засобу [2].

Перспектива – як спосіб зображення предметів на площині, підпорядковується чітким геометричним законам. Побудова перспективних зображень досить складний процес, в основі якого лежить теорія перспективи, яка є результатом теоретичного узагальнення наукових даних про зорове сприйняття. Художники всіх часів намагалися розробити прості і практичні методи побудови перспективи. Перспектива один із засобів передачі зображення в живописі, який

враховує фізіологічні закономірності зору і найточніше відтворює світ, який бачить людина [3]. Проте ідеальне зображення тривимірного простору (як об'єктивного, так і суб'єктивного) неможливе, художник залежно від свого задуму обирає той або інший геометричний метод, який дасть можливість яскравіше розкрити задуманий образ [4].

Вивчення перспективи як науки ґрунтується на історичному підході, осмисленні ролі перспективи при візуалізації архітектурних об'єктів, зображенні об'єктів на картинах художників тощо. Розвиток теорії перспективи нерозривно пов'язаний з творчістю художників, що працювали в різні історичні періоди. Сьогодні теорія перспективних побудов зберігає актуальність з точки зору фундаменталізації освіти і практичного вживання отриманих знань, у тому числі, на базі сучасних інформаційних технологій.

Дисципліна «Перспектива та тіні» є базовою для студентів спеціальності «Дизайн». Вона вивчається разом з такими фундаментальними дисциплінами як «Основи рисунку та живопису та пластичної анатомії», «Образотворче мистецтво та художня творчість», «Основи композиції та кольорознавства», сприяючи розвитку у студентів образного сприйняття навколишнього світу, формування просторового мислення. Метою вивчення навчальної дисципліни «Перспектива та тіні» є засвоєння основних положень теорії лінійної перспективи та методів зображення просторових об'єктів в натурі, визначення ступеня відповідності об'єкта первісному композиційному задуму, набуття студентами навичок виконання побудови об'єктів і розв'язання графічних задач у просторі, тощо. Завданням навчальної дисципліни є засвоєння практичних прийомів та навичок геометричного моделювання просторових форм предметів оточуючого світу, які відповідають попередньо заданим геометричним, конструктивним, технологічним та іншим вимогам; використання геометричних закономірностей перетворення і способів розв'язування геометричних задач та побудови проєкцій предметів і об'єктів тощо. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати правила побудови перспективних зображень, засоби визначення найбільш доцільної композиції перспективи за ортогональними проєкціями об'єкта, алгоритм виконання перспективного зображення, тощо.

Кресленики, виконані за методом ортогонального проєкціювання, дають можливість оперувати складними формами, розмірами, положенням взаємопов'язаних деталей і всього комплексу об'єкту, що проєктується. Але сприйняття зображення об'єкту значно відрізняється від сприйняття об'єкту в дійсності, тому що ортогональні проєкції не є аналогом зорового сприйняття в натурі. Цей факт доводить важливість знання дизайнерами теоретичних положень побудови перспективних зображень та необхідність набуття практичних навичок їх побудови.

Під час вивчення дисципліни студенти виконують різні практичні вправи, наприклад, будують фронтальну та кутову перспективу, розв'язують метричні задачі в перспективі, будують падаючі і власні тіні на перспективному зображенні тощо. Один із засобів засвоєння матеріалу з дисципліни «Перспектива та тіні» і набуття практичних навичок побудови перспективних зображень є виконання практичних завдань по окремих темах з аналізом живописних робіт художників різних епох.

Постановка завдання. Проведення порівняльного аналізу пейзажних живописних робіт митців періоду Ренесансу і Бароко з метою відстеження етапів розвитку повітряної перспективи,

як мислення художників того часу. Доведення доцільності такого аналізу як предмета дослідження для кращого засвоєння матеріалу при вивченні дисципліни «Перспектива і тіні».

Результати дослідження. Розвиток пейзажного живопису в різних країнах Західної Європи можна охарактеризувати як цілісний і гармонійний, якщо розглядати його з точки зору розвитку жанру як такого. Але якщо розглядати його з точки зору окремих композиційних рішень, що належать до трактування простору і часу, цей розвиток був нерівномірним, що залежало від національних традицій і багатьох інших факторів.

Яскраво виражена зацікавленість пейзажем помітна в живописі Раннього Ренесансу. Не дивлячись на те, що художники ще дуже невміло передавали простір, захарашуючи його ландшафтними елементами, що не поєднувались один з одним за масштабом, багато картин свідчать про прагнення живописців домогтися гармонійного і цілісного зображення природи і людини. Більш досконалими пейзажні мотиви стали в епоху Високого Ренесансу. Багато художників того періоду уважно вивчали натуру, відмовлялись від звичного нагромодження деталей, неузгоджених за масштабом, зверталися до наукових розробок в теорії перспективи.

Вибір жанру пейзажу для даного дослідження обґрунтовано тим, що в пейзажному живописі найповніше відображені художні засоби передачі глибини простору: зменшення віддалених предметів; зміна кольору предметів при віддаленні як елемент колірної і повітряної перспективи; зміна ракурсу предметів при віддаленні на основі лінійної перспективи тощо.

Повітряна перспектива, як поняття, залишається в живописі явищем суб'єктивним і основною її метою є передача глибини простору з урахуванням впливу повітря, яке розділяє глядача з природою. Якщо порівнювати повітряну перспективу з лінійною, то точність передачі насиченості повітряного середовища залежить від особистості художника, його бачення, в той час як лінійна перспектива підкоряється чітким геометричним законам. Але реалістичний живопис неможливий без повітряної перспективи. Саме вона дає можливість передати ілюзію глибини простору художніми засобами, де по мірі віддалення об'єкти втрачають насиченість кольору, контрасти світлотіні, чіткість обрисів. Значно віддалені від предметної площини об'єкти, але ще помітні, часто вкривалися сіро-блакитним серпанком, при цьому предмети переднього плану, в протигагу віддаленому, відзначалися яскравістю кольорів і чіткістю форм, контрастами світлотіні.

Розглядаючи пейзажний живопис епохи Ренесансу, можна помітити прагнення митців передати духовний романтичний настрій за допомогою відображення атмосферних явищ, хмар, які ретельно виписані і займають, подекуди, до 4/5 полотна картини (рис. 1.).

Віддалені предмети виписані розмитими з урахуванням перспективних масштабів лінійної перспективи, що підсилює враження глядача від картини. Лінія горизонту на картині, її віддаленість художником обрано виходячи з того, що прозорість атмосфери за гарної погоди і кривина поверхні Землі дозволяють бачити на рівнині на відстані приблизно до 5-10 км. Виходячи з цих положень також вибрано масштаб висоти дальніх лісів, дерев тощо.



а



б

Рис.1. Приклади пейзажного живопису характерні періоду Ренесансу зі схематичним позначенням лінії горизонту: а – Ян Порцелліс. Однощогловий корабель і шлюпка (1630 р.); б – Арт ван дер Нер. Зима на річці (1645 р.)

Для наближення переднього плану використано промальовування предметів зі всіма подробицями. Горизонт та найдаальші і нерозрізнені місця пророблено використовуючи, здебільшого, сіро-блакитні тони, а більш-менш розрізнені предмети написані чіткішими штрихами, предмети переднього плану прописані з відвертим додаванням більш яскравого кольору.

Використовуючи такі художні прийоми, художники показували глибину простору, повітря, далекої перспективи і передавали реалістичність видимості на значну відстань. Деякі предмети винесено вище лінії горизонту і вони дуже ретельно прописані для того, щоб з'явилося відчуття, що ці предмети знаходяться зовсім поряд. Також, слід зазначити, що в цілому пейзажному живопису епохи Ренесанс притаманна симетрична композиція.

Головною особливістю живопису Бароко є недотримання ренесансної гармонії заради більш емоційної передачі зображення. Художники використовували композиційні ефекти, виражені в сміливих контрастах масштабів, кольорів, світла й тіні, але при цьому митці прагнули досягнення ритмічної і колірної єдності, мальовничості твору в цілому. Загалом живопис бароко характеризується динамізмом, «площиною» і пишністю форм, а найхарактернішими рисами картин є помітна барвистість і динамічність.

У живопису періоду Бароко більш ускладненим стає сприйняття природи через осягнення її мінливості (рис. 2). Художники намагалися передати динаміку навколишнього світу, бурхливе життя стихій. Діапазон художнього відображення ставав більш широким – від грандіозних, космічних за охопленням образів до ретельно відтворених пейзажів рідної природи. З'явилися нові жанри пейзажу, такі як міський, фантастичний, епічний і національний [6].

Майстри живопису часів Бароко по іншому користувались повітряною перспективою. Вони намагалися передати динаміку навколишнього світу, силу і красоту землі, втілюючи у картині радість життя, вселяючи в глядача почуття оптимізму. У картинах того періоду

протиставлення лінійного і об'ємного змінюється протиставленням плоского і просторового. Художники порушували симетрію і віддавали перевагу діагональній композиції, а також навмисно знищували контур: фігури зливалися з фоном, виступали лише окремі освітлені поверхні.

Аналіз робіт відомих художників того періоду показав, що лінія горизонту розміщена в середній частині полотна, тому площа переднього плану більш виразна і насичена, а повітряна перспектива неба і хмар підкреслює динамічний настрій картин. Можна додати, що пейзажному живопису періоду Бароко притаманні яскравість, насиченість та деталізація переднього плану.

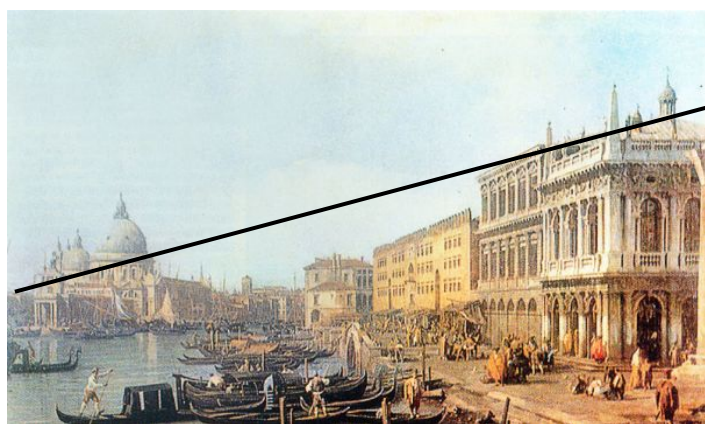
Саме в періоді Бароко і Ренесанс зроблено найважливіші відкриття в передачі простору, освітлення, загального настрою картини, що базувалось на творчому пізнанні природи.



а



б



в



г

Рис. 2. Приклади пейзажного живопису характерні періоду Бароко зі схематичним позначенням лінії горизонту: а – Якоб Ван Рейсдал. В лісі (1682 р.); б – Альберт Якобс Кейн. Корови на березі річки (1659 р.); в – Антоніо Канолетто. Венеція. Західний мол (1730 р.); г – Джованні Каналі. Венеція – Палац Дожей (1731 р.)

Вищенаведені особливості пейзажу тих часів стали основою розвитку пейзажного живопису наступних епох. Таким чином, повітряна перспектива, як метод відображення глибини простору на полотні картини, удосконалювався і відповідав характерним особливостям розвитку живопису історичних періодів Ренесансу і Бароко.

Висновки. Аналіз пейзажних живописних робіт періодів Ренесансу і Бароко показав, що найчастіше повітряна перспектива у картинах художників тих часів трактувалася досить різноманітно, але з урахуванням особливостей характерних для відповідного мистецького історичного періоду. Визначено, що проаналізовані пейзажні живописні роботи крім використання загальних геометричних законів побудови повітряної перспективи відображають особисте бачення митця в використанні методу повітряної перспективи. Розвиток системи відтворення зображення на площині картин періодів Ренесансу і Бароко, успішне вдосконалення прийомів побудов перспективи сприяли розвитку лінійної і повітряної перспективи в наукову дисципліну. Проведення порівняльного аналізу відомих живописних полотен є необхідною складовою практичних завдань для оволодіння та засвоєння матеріалу при вивченні дисципліни «Перспектива та тіні», що дасть можливість майбутнім дизайнерам зрозуміти загальні закони розвитку геометричних систем перспективи, навчить ідентифікувати художні твори за епохою, сприятиме розвитку творчих здібностей студентів.

Список використаної літератури

1. Климухин А. Г. Тени и перспектива: Учебник для вузов. / А. Г. Климухин – М.: Архитектура-С, 2010. – 200 с.
2. Федоров М. В. Рисунок и перспектива / М. В. Федоров – М.: Искусство. – 1960. – 267 с.
3. Волошинов А. В. Математика и искусство / А. В. Волошинов – М.: Просвещение. – 2000. - 400 с.
4. Раушенбах Б. В. Системы перспективы в изобразительном искусстве: Общая теория перспективы. / Б. В. Раушенбах – М.: Наука. - 1986. – 256 с.
5. Макарова М. Рисунок и перспектива: теория и практика: Учебное пособие. / М. Макарова – М.: Мир. Академический проект. – 2014. – 382 с.
6. Дьяков Л. Искусство XVII века [Электронный ресурс] / Л. Дьяков // Искусство – М.: Первое сентября – 2005. – № 22. – Режим доступа к журн.: <http://art.1september.ru/article.php?ID=200502201>.

АНАЛИЗ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ КАК СРЕДСТВО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЕРСПЕКТИВА И ТЕНИ»

ПРАСОЛ С.И., СТРУМИНСКАЯ Т.В., ПАШКЕВИЧ К.Л.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. В статье рассмотрены вопросы построения перспективных изображений в картинах известных художников эпохи Ренессанса и Барокко. Определены значимость анализа художественных произведений при изучении дисциплины «Перспектива и тени», место перспективы в общей теории изображения.

Методики. Использовано системный и сравнительный анализ пейзажной живописи художников периода Ренессанса и Барокко.

Результаты. Анализ произведений живописи Ренессанса и Барокко дал возможность отследить развитие воздушной перспективы как мышление у художников того времени. Проанализированы этапы развития перспективы как науки, изложены подходы к анализу перспективы в изображении объекта и роли данного аспекта в формировании профессионализма будущего дизайнера.

Научная новизна. Определено, что сравнительный анализ художественных произведений разных периодов является необходимой составляющей практических задач для овладения и усвоения материала при изучении дисциплины «Перспектива и тени», а так же понимания общих законов развития геометрических систем перспективы.

Практическая значимость. Полученные результаты могут быть использованы при изучении дисциплины «Перспектива и тени» студентами специальности «Дизайн» и при идентификации художественных произведений соответствующей эпохе.

Ключевые слова: *пейзажная живопись, период Ренессанса, период Барокко, перспективные построения, воздушная перспектива, линейная перспектива, дисциплина «Перспектива и тени».*

THE WORK OF ART ANALYSIS AS AN EDUCATIONAL TOOL FOR STUDYING THE SUBJECT "PERSPECTIVE AND SHADOWS"

PRASOL S.I., STRUMINSKA T.V., PASHKEVICH K.L.

Kiev National University of Technology and Design

Purpose. The paper deals with the construction of perspective images in the paintings of the famous Renaissance and Baroque artists. The importance of the works of art analysis in the studying of the perspective and shadows as well as the place of perspective in the overall image theory is defined..

Methodology. The systematic and comparative analysis of the landscape paintings by the artists of the Renaissance and the Baroque period.

Findings. Analysis of the Renaissance and Baroque works of art makes it possible to trace the development of aerial perspective as the thinking of artists of the time. The stages of the development of the perspective as the science are analyzed. The approaches to the analysis of the perspective in the image and the role of this aspect in the formation of the future professional designer.

Originality. It was determined that a comparative analysis of the works of art from different periods is a required part of practical exercises in studying the perspective and shadows, as well as for the understanding of the general laws in the development of the geometric perspective.

Practical value. The results can be used during the "Perspective and shadow" study by the design students and for the identification of the period of the works of art..

Keywords: *landscape painting, the Renaissance period, the Baroque period, perspective construction, aerial perspective, linear perspective, the discipline "Perspective and shadows".*

УДК 7.012.001.891

ДЖАЛИЛИАН Ф., БОГУШКО А. А.,
НИКОЛАЕВА Т. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЛИНИИ ПРОЙМЫ ЖЕНСКОГО ЖИЛЕТА НА ОСНОВЕ НАЦИОНАЛЬНОГО КОСТЮМА

Цель. Определение параметров пространственной линии проймы, форма и размеры которой определяют опорную поверхность верхней одежды, а, следовательно, и ее эстетические и эксплуатационные качества.

Методика. В работе использованы методы начертательной геометрии: косоугольного и ортогонального проецирования, а также построения линий взаимного пересечения криволинейных поверхностей.

Результаты. В результате проведенных исследований определены параметры направляющей криволинейной опорной поверхности женского жилета – пространственной линии проймы современного женского жилета с учетом конструктивного построения национального костюма северо-западных регионов Ирана.

Научная новизна. В работе предложен новый способ построения пространственной линии проймы – как линии взаимного пересечения двух цилиндрических поверхностей: профильно-проецирующей, направляющей которой является профильная проекция проймы, и цилиндрической эллиптической поверхности общего положения.

Практическая значимость. Предложенный в результате проведенных исследований способ проектирования пространственной линии проймы женского жилета позволит улучшить посадку изделия на фигуре и повысит удобства его эксплуатации в процес се носки.

Ключевые слова: дискретный ряд точек, косоугольное проецирование, горизонтальная и фронтальная ортогональные проекции, косоугольная фронтальная проекция, угловые коэффициенты.

Вступление. В статье [1] были приведены результаты исследований по определению особенностей проектирования проймы современного женского жилета на основе национального иранского костюма.

В работе [2] дискретный ряд точек пространственной линии проймы определялся пересечением опорных поверхностей полочки, спинки и бочка, аппроксимированных развертывающимися поверхностями, с цилиндрической поверхностью, направляющей которой являлась профильная проекция. Способ сложный и поэтому может быть использован только при разработке систем автоматизированного проектирования одежды.

Научные работники С.-Петербургского государственного университета технологий и дизайна [3, 4] разработку ”пространственной геометрической конструкции линии проймы“ предложили осуществлять ”формированием изгиба проекции проймы в ее нижней точке“. Однако при этом не учитывалось положение переднего и заднего углов подмышечных впадин, а также деформация ее верхней части.

Эти недостатки предлагалось устранить в работе [5] проецированием профильной проекции на параболический или эллиптический цилиндр с последующим поворотом вокруг вертикальной оси, проходящей через точку переднего угла подмышечной впадины.

Алгоритм определения параметров пространственной линии проймы на основе ее профильной проекции [5 – 7] как и в работе [2] свелся к определению функции $x = f(y, z)$, в качестве которой был выбран профильно-проецирующий цилиндр.

В отличие от вышесказанного предлагается координаты дискретного ряда точек пространственной линии проймы определять как линии взаимного пересечения двух цилиндрических поверхностей: профильно-проецирующей, направляющей которой является вышеописанная профильная проекция проймы, и цилиндрической эллиптической поверхности, заданной угловыми коэффициентами двух проекций положения образующих.

Геометрический алгоритм построения проймы: «косоугольная фронтальная проекция» – «горизонтальная ортогональная проекция» – «фронтальная ортогональная проекция» (рис. 1).

Аналитическое описание геометрического алгоритма построения пространственной линии проймы:

1. Угловые коэффициенты косоугольных направлений проецирования S_x и S_z (см. углы α и β на рис. 1): $k_x = -3,5765$, $k_z = -4,2222$.

Величина этих коэффициентов зависит от взаимного положения переднего и заднего углов подмышечных впадин.

2. Для построения комплексного чертежа пространственной линии проймы преобразуем координаты дискретного ряда точек параллельным переносом (см. проекции в системе координат Ox_kz_k и Ox_kz_r):

$$\Delta_y = 98, \quad \Delta_z = 131.$$

3. Абсциссу точки C_{12} пересечения косоугольной линии связи с осью Ox определим из уравнения: $y_{12} - y_{C1} = k_x (x_{C12} - x_{C1})$, учитывая, что $y_{C12} = 0$, получим: $x_{C12} = (k_x x_{C1} - y_{C1}) / k_x$.

4. Аналогично – без приведения соответствующих уравнений – значения абсцисс точек A_{12} , B_{12} и D_{12} :

$$x_{A12} = (k_x x_{A1} - y_{A1}) / k_x,$$

$$x_{B12} = x_{D12} = (k_x x_{B1} - y_{B1}) / k_x.$$

5. Аппликату точки C_{23} пересечения косоугольной линии связи с осью Oz определим из уравнения $z_{C23} - z_{C3} = k_z (y_{C23} - y_{C3})$, учитывая, что $y_{C23} = 0$:

$$z_{C23} = z_{C3} + k_z y_{C23}.$$

6. Аппликаты точек A_{23} , B_{23} и D_{23} :

$$z_{A23} = z_{A3} + k_z y_{A23},$$

$$z_{B23} = z_{D23} = z_{B3} + k_z y_{B23}.$$

7. Исходными данными для построения косоугольной цилиндрической поверхности, направляющей является дуга кривой 2-го порядка либо коробовая линия дуг окружностей, являются координаты точек A_{2k} , C_{2k} и $B_{2k} \equiv D_{2k}$.

8. Тогда координаты дискретного ряда точек фронтальной проекции направляющей косоугольной цилиндрической поверхности:

$$z_i = z_i - k_z y_i,$$

$$x_i = (a - a\sqrt{1 - (z_{A23} - z_i)^2}) / b^2 + x_{A12}.$$

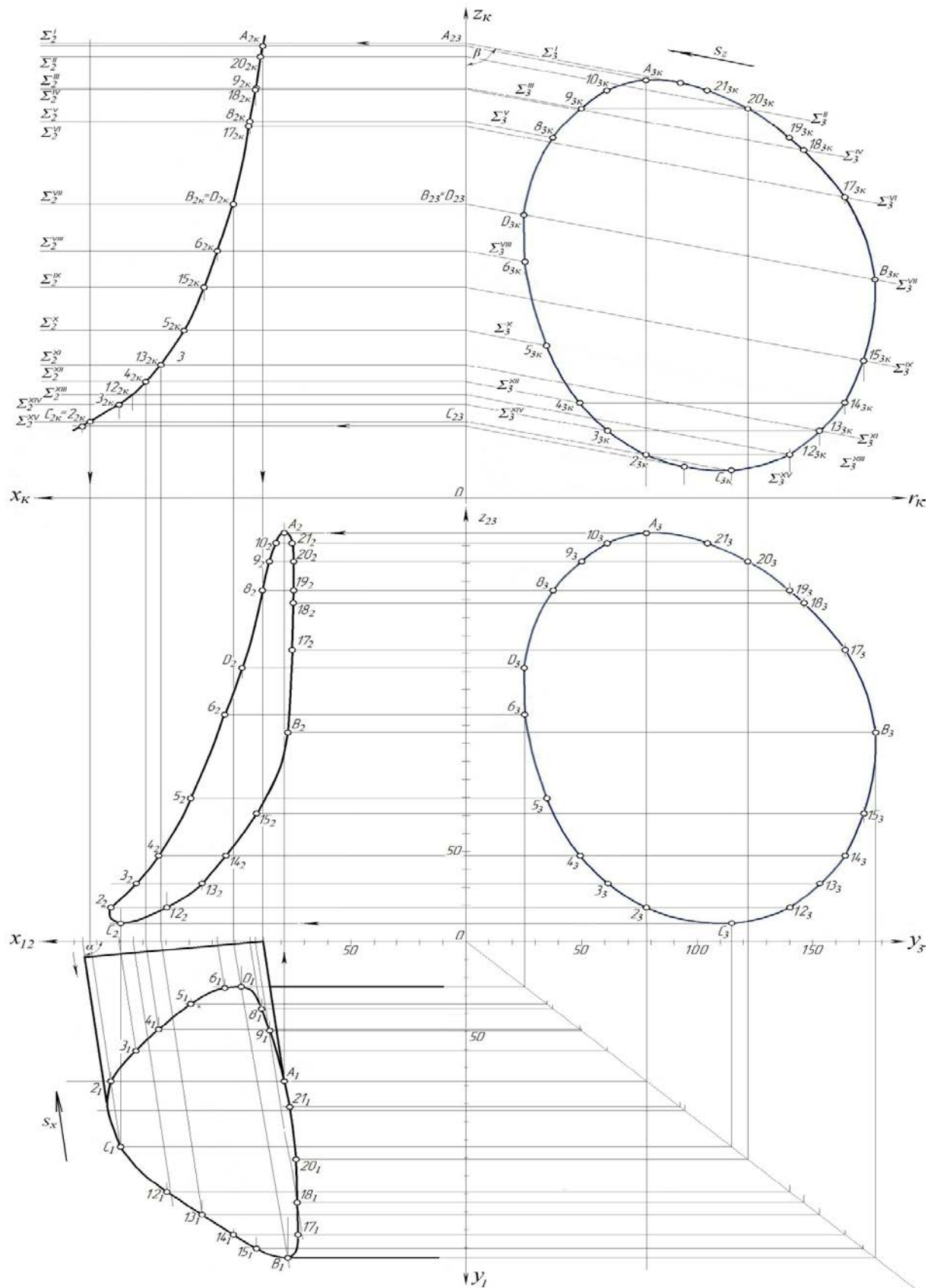


Рис. 1. Построение пространственной линии проемы

9. Координаты дискретного ряда точек фронтальной и горизонтальной проекций проймы, как линии взаимного пересечения двух цилиндрических поверхностей (табл. 1.):

$$x_{2i} = x_i, \quad z_{2i} = z_i, \quad x_{1i} = x_i, \quad y_{1i} = y_i.$$

10. Переприсваивание значений угловых коэффициентов:

$$k_1 = k_3, \quad k_2 = k_4.$$

11. Координаты точки F пересечения касательных t_1 и t_2 определим совместным решением уравнений:

$$\begin{cases} y - y_c = k_1 (x - x_c), \\ y - y_A = k_2 (x - x_A). \end{cases}$$

Учитывая, что $k_2 = 0$ получим:

$$x_F = \frac{k_2 x_A + y_c - y_A}{k_2},$$

$$y_F = k_1 (x_F - x_c) + y_c.$$

Впервые в процессе художественного конструирования современной женской одежды, на основе национального иранского костюма, для геометрического и аналитического обеспечения построения формы проймы жилета использованы методы геометрического моделирования. Уточненные контуры проймы получены методом оцифровки образца национального костюма, с последующей аппроксимацией кривой, форма которой определяется дискретным рядом точек.

Предложенный метод геометрического построения формы проймы является предпосылкой для автоматизации процесса проектирования современной одежды, на основе национальных традиций Ирана, улучшает посадку изделия на фигуре и удобство его использования.

Таблица 1.

Координаты дискретного ряда точек проймы и профильного сечения

№ точки	Участок	Координаты пространственной линии проймы			№ точки	Участок	Координаты пространственной линии проймы		
		x	y	z			x	y	z
C	DC	210	115,0	10,0	C	CB	210,0	115,0	10,0
2		213	78,0	18,80	12		193,2	140,1	18,80
3		204,6	61,5	32,22	13		177,3	155,3	32,22
4		196	49,2	47,70	14		160,36	163,8	47,70
5		186,3	34,8	79,55	15		143,5	172,0	71,10 5
6		172,7	27,7	126,0	B	BA	125,9	177,0	116,0
D	DA	168,4	25,0	152,0	17		123,2	164,0	162,0
8		161	39,5	195,0	18		124,6	146	188,0

9		158,9	50,0	211,0	19		126,5	140	195,0
10		158	61,0	221,0	20		130,4	119,0	211,0
A		155,2	78,0	227,0	21		135,9	104,5	221,0

Список использованной литературы

1. Джалилиан Фахиме, Богушко А. А., Николаева Т. В. Усовершенствование метода проектирования проймы на основе национального иранского костюма. // Вісник КНУТД. –№ 1 (82), 2015.
2. Богушко А. А. Разработка геометрической информации для автоматизированного проектирования одежды. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. – Л., 1984.
3. Раздомахин Н. Н., Басуев А. Г., Сурженко Е. Я. Построение замкнутых пространственных линий проймы и оката рукава с заданной посадкой. «Швейная промышленность», № 6, 1995.
4. Раздомахин Н. Н. Трехмерные геометрические модели в проектировании одежды. «Швейная промышленность», № 1, 1998.
5. Богушко О. А., Арцева О. А., Святкіна А. Є. Побудова розгортки плечової частини рукава. Вісник Технологічного університету Поділля. –№ 6, 1999.
6. Винничук М. С., Богушко О. А. Універсальний алгоритм побудови ліній ділянок плоскої пройми жіночого одягу опуклими кривими // Прикладна геометрія та інженерна графіка. –К.:КНУБА, 2007.
7. Винничук М. С., Васильківська О. І. Автоматизована побудова лінії пройми в просторі. // Вісник КНУТД. –№ 1 (38). Т. 2, 2008.

ПОБУДОВА ПРОСТОРОВОЇ ЛІНІЇ ПРОЙМИ ЖІНОЧОГО ЖИЛЕТУ НА ОСНОВІ НАЦІОНАЛЬНОГО ІРАНЬСЬКОГО КОСТЮМУ ДЖАЛІЛІАН ФАХІМЕ, БОГУШКО О. А., НІКОЛАЄВА Т. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Визначення параметрів просторової лінії пройми, форма і розміри якої визначають опорну поверхню верхнього одягу, а, отож, і її естетичні та експлуатаційні якості.

Методика. У роботі використані методи нарисної геометрії: косокутного допоміжного та ортогонального проєціювань, а також побудови ліній взаємного перетину криволінійних поверхонь.

Результати. В результаті проведених досліджень визначені параметри направляючої криволінійної опорної поверхні жіночого жилета – просторової лінії пройми сучасного жіночого жилета з урахуванням конструктивної побудови національного костюма північно-західних регіонів Ірану.

Наукова новизна. У роботі запропоновано новий спосіб побудови просторової лінії пройми – як лінії взаємного перетину двох циліндричних поверхонь: профільно-проєкційної, прямою якої є профільна проєкція пройми, і циліндричної еліптичної поверхні загального положення.

Практична значимість. Запропонований в результаті проведених досліджень спосіб проектування просторової лінії пройми жіночого жилета дозволить покращити посадку виробу на фігурі і підвищить зручності його експлуатації в процесі її носіння.

Ключові слова: дискретний ряд точок, косокутне проєціювання, горизонтальна і фронтальна ортогональні проєкції, косокутна фронтальна проєкція, кутові коефіцієнти.

CONSTRUCTION OF SPATIAL LINES ARMHOLE WOMEN VEST BASED ON NATIONAL SUIT

DZHALILIAN F., BOGUSHKO AA, NIKOLAEVA T.

Kiev National University of Technology and Design

Purpose. Determination of the spatial parameters armhole line, shape and dimensions of which define the supporting surface of outer clothing, and, consequently, its ekspluatatsionnye and aesthetic quality.

Methodology. We used methods of descriptive geometry: oblique and orthogonal projection, as well as the construction of lines of mutual intersection of curved surfaces.

Results. The studies to determine the parameters of the guide surface of the curved support women's vest – spatial line of contemporary women's vest armhole taking into account the structural arrangement of the national costume north-western regions of Iran .

Scientific novelty. In this paper we propose a new method for constructing spatial line armholes – a line of mutual intersection of two cylindrical surfaces: profile-projecting, which is a guide profile projection of the armholes, and elliptic cylindrical generic surface.

Practical value. Proposed as a result of research provedenny way to design the spatial line armholes allow female vest seize the products landed in the figure, and increase its ease of use in processes of socks.

Keywords: discrete number of points, oblique projection, horizontal and front orthogonal projection, oblique front view, angular coefficients.

УДК 678.095.268

СЛЄПЦОВА І.Л., СОВА Н.В., САВЧЕНКО Б.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

ТЕРМІЧНА ДЕПОЛІМЕРИЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ПОЛІМЕРІВ

Мета. Дослідити особливості впливу технологічних параметрів процесу деполімеризації відходів промислових полімерів на властивості продуктів деполімеризації.

Методика. Використані сучасні методи досліджень реологічних та фізичних характеристик.

Результати. Виявлено, що процес деполімеризації відходів промислових полімерів в значній мірі залежать від температури та тривалості процесу. Встановлено раціональні умови деполімеризації відходів поліметилметакрилату (ПММА), отриманих блочним і екструзійним методом, з максимальним виходом мономеру метилметакрилату (ММА) та технологічні параметри отримання поліетиленового воску з відходів поліетилену.

Наукова новизна. Встановлено залежності впливу основних технологічних параметрів процесу деполімеризації промислових полімерів на максимальний вихід цінних кінцевих продуктів.

Практична значимість. Отримані раціональні параметри процесу деполімеризації дозволяють доцільно та ефективно переробляти відходи ПЕ та ПММА, з метою збереження чистоти навколишнього середовища та використання вторинної полімерної сировини. Отримані результати дають можливість розробити промислові технологічні схеми отримання мономеру ММА з відходів ПММА та отримання поліетиленового воску з відходів поліетилену.

Ключові слова: деполімеризація, ПММА, ММА, поліетиленовий віск, поліетилен, відходи полімерів.

Вступ. Переробка вторинних полімерів – це перспективний напрям, який дозволяє і утилізувати полімерні відходи і отримати вихідну сировину для хімічної промисловості. В Європі пререробка полімерних відходів є прибутковим і популярним видом бізнесу, оскільки компанія яка заявляє про те, що її продукція виготовлена з вторинних матеріалів чи з використанням вторинної полімерної сировини виступає як захисник навколишнього середовища і економно використовує первинну сировину.

За даними Державного комітету статистики України за 2015р. [1], щороку в Україні накопичується тільки твердих побутових відходів близько 50 млн. куб., що в свою чергу викликає необхідність в їх утилізації та переробці. Найбільшу частку серед всіх полімерних відходів складає поліетилен (ПЕ) - 34% та поліетилентерефталат (ПЕТФ) - 20% [2].

В результаті деполімеризації полімерні матеріали перетворюються в більш прості нетоксичні рідкі, маслянисті і газоподібні продукти - вуглеводні парафінового класу, олефінового, циклічного, ароматичного і гетероциклічного класів, які можна піддавати подальшій переробці (конденсації, ректифікації та ін) до одержання товарної продукції. В літературних джерелах відомі способи термічної деполімеризації відходів ПЕ до легких масел, дизельного палива і мазуту, а відходів ПММА до мономеру ММА [3-4].

Постановка завдання. Відпрацювання режимів деполімеризації промислових відходів полімерів з отриманням високого виходу цінних продуктів де полімеризації та встановлення раціональних технологічних параметрів процесу.

Для досліджень використовували поліетилен високого тиску ПЕВТ 15803-020 (ПЕВТ-1), поліетилен низького тиску ПЕНТ 276-17 (ПЕНТ-1) та вторинний поліетилен, у гранульованому вигляді із переробленого браку виробництва каністр, ПЕ2НТ 276-17 (ПЕНТ-2); відходи ПММА, отримані блочним і екструзійним методами.

Результати дослідження. Термічну деполімеризацію ПЕ проводили на лабораторній установці періодичної дії (рис. 1) при температурах від 200 - 400 °С, протягом 1 години, в присутності каталізатору 0,1% стеарату заліза.

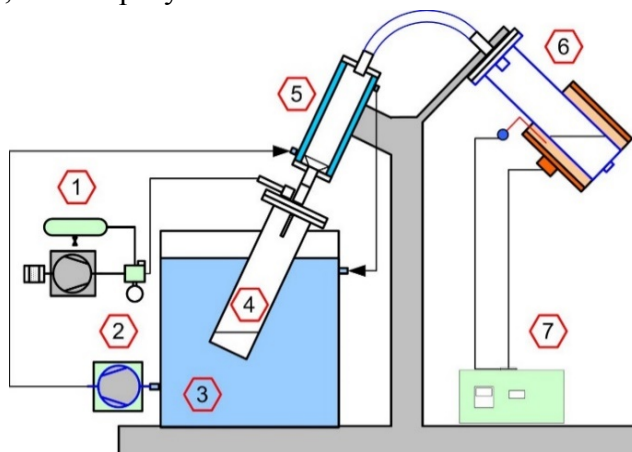


Рис.1. Установка деполімеризації періодичної дії: 1- вакумна система (насос, ресивер, реле); 2 - рециркуляційний насос охолодження, 3 – ємність охолодження; 4 – приймач; 5 – конденсатор, 6 – піролізна ємність, 7- блок регулювання температури.

Через певні проміжки часу були відібрані проби продукту деполімеризації ПЕ та визначено: показник текучості розплаву (ПТР) згідно ГОСТ 11645 та вміст гелю фракції (%), що визначався екстракцією в ксилолі (табл. 1-3).

Таблиця 1.

Властивості продуктів деполімеризації ПЕВТ-1

№	Час, хв	Температура, °С							
		200		300		350		400	
		ПТР, г/10 хв	Вміст гелю фракції, %	ПТР, г/10 хв	Вміст гелю фракції, %	ПТР, г/10 хв	Вміст гелю фракції, %	ПТР, г/10 хв	Вміст гелю фракції, %
1	0	2,9	1,8	2,9	1,8	2,9	1,8	2,90	1,8
2	5	2,8	3,5	2,7	7,8	4,8	1,9	85,3	2,0
3	10	2,6	4,6	2,9	8,6	16,6	2,1	320,2	2,4
4	15	2,2	6,2	3,5	9,2	35,4	2,0	>320,2	2,4
5	20	2,6	6,4	4,8	11,4	120,6	2,3	>320,2	2,8
6	30	2,9	7,8	9,04	13,2	326,3	2,4	>320,2	3,0
7	60	5,4	9,2	11,18	13,6	>326,3	3,2	>320,2	3,2

Таблиця 2.

Властивості продуктів деполімеризації ПЕНТ-1

№	Час, хв	Температура, °С							
		200		300		350		400	
		ПТР, г/10 хв	Вміст гелю фракції, %	ПТР, г/10 хв	Вміст гелю фракції, %	ПТР, г/10 хв	Вміст гелю фракції, %	ПТР, г/10 хв	Вміст гелю фракції, %
1	0	0,20	1,9	0,20	1,9	0,20	1,9	0,20	1,9

2	5	0,20	2,0	0,18	2,0	0,81	2,0	13,55	1,9
3	10	0,19	2,6	0,17	2,9	2,62	3,9	92,32	3,4
4	15	0,18	3,8	0,23	4,8	4,22	4,2	>92,32	4,2
5	20	0,16	5,0	0,70	6,4	8,24	3,8	>92,32	6,4
6	30	0,14	5,4	1,32	7,2	11,21	3,5	>92,32	7,1
7	60	0,14	5,9	2,41	7,3	16,41	3,1	>92,32	7,0

Таблиця 3.

Властивості продуктів деполімеризації ПЕНТ-2

№	Час, хв	Температура, °C							
		200		300		350		400	
		ПТР, г/10 хв	Вміст гель фракції, %	ПТР, г/10 хв	Вміст гель фракції, %	ПТР, г/10 хв	Вміст гель фракції, %	ПТР, г/10 хв	Вміст гель фракції, %
1	0	0,14	3,6	0,14	3,6	0,14	3,6	0,14	3,6
2	5	0,12	4,3	0,14	6,9	2,33	8,2	56,3	16,2
3	10	0,11	5,8	0,21	12,3	8,26	19,2	123,6	16,4
4	15	0,10	6,9	0,34	18,9	14,35	21,6	240,0	10,2
5	20	0,09	12,3	0,80	19,6	19,22	18,3	>240,0	8,2
6	30	0,07	14,6	1,42	20,4	21,37	16,3	>240,0	6,4
7	60	0,07	18,3	1,94	21,3	36,22	14,5	>240,0	5,4

Поліетиленовий віск можна отримати при 400 °C з тривалістю процесу деполімеризації від 5 до 15 хв. Про це свідчать дані ПТР, який є одним із найважливіших параметрів поліетиленового воску. Продукти, які отримані в даному часовому діапазоні були додатково проаналізовані на вміст рідких, газоподібних продуктів та воску, визначено температуру каплепадіння (Т кап.) та в'язкість (табл.4 - 6). Т кап. вимірювалась на модернізованому приладі ПТП-1, а в'язкість на віскозиметрі, що має конструкцію приладу ВЗ-46 (тільки металеву) з d сопла 4 мм та оснащений нагрівачем.

Таблиця 4.

Властивості продуктів деполімеризації ПЕВТ-1

№	Час, хв	Температура, °C				
		400				
		В'язкість, сек T=130 °C	Т кап., °C	Рідкі продукти, %	Газоподібні продукти, %	Віск, %
1	5	42	118	3,3	1,2	95,5
2	10	31	116	3,8	1,8	94,4
3	15	28	114	4,3	2,1	93,6

Таблиця 5.

Властивості продуктів деполімеризації ПЕНТ-1

№	Час, хв	Температура, °C				
		400				
		В'язкість, сек T=130 °C	Т кап., °C	Рідкі продукти, %	Газоподібні продукти, %	Віск, %
1	5	64	124	2,8	1,1	96,1
2	10	61	120	3,2	1,9	94,9
3	15	57	119	4,1	2,1	93,8

Таблиця 6.

Властивості продуктів деполімеризації ПЕНТ-2

№	Час, хв	Температура, °C				
		400				
		В'язкість, сек T=130 °C	T кап., °C	Рідкі продукти, %	Газоподібні продукти, %	Віск, %
1	5	31	116	5,6	2,2	92,2
2	10	12	114	6,4	2,4	89,6
3	15	11	114	7,2	3,2	89,6

Реакторний спосіб отримання поліетиленового воску характеризується нерівномірною теплопровідністю в різних точках об'єму, реакція розкладу проходить несиметрично, тому більш доцільним та ефективним є застосування екструзійного методу (рис.2).

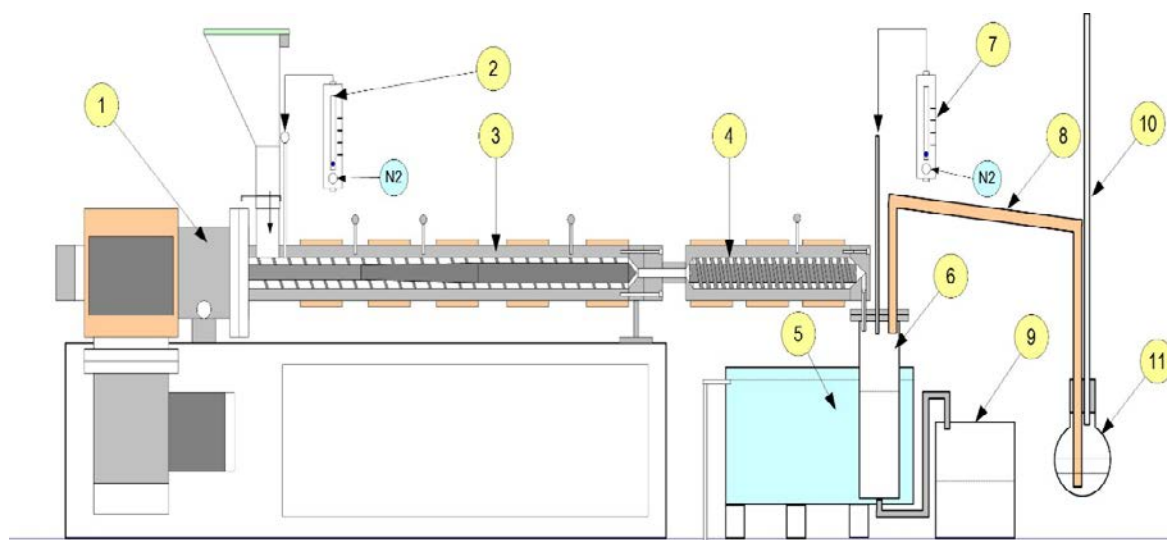


Рис. 2. Екструзійна установка термічної деполімеризації: 1- привід екструдера, 2 – подача азоту, 3 – робоча частина екструдера, 4 - деструктор, 5 - ванна охолодження, 6 – приймач-дегазатор (рідкі газоподібні продукти), 7 - подача азоту, 8 - мідна трубка холодильника, 9 – приймач воску, 10 – вихід газоподібних продуктів в атмосферу, 11 – вловлювач рідких продуктів.

Оскільки, віск отриманий з відходів ПЕНТ-2 має жовто-коричневий колір, його застосування є обмеженим і тільки для забарвлених продуктів, то екструзійним методом досліджувалось отримання воску з ПЕНТ-1 (табл. 7).

Температурні режими проведення деполімеризації на екструдері: I зона – 150 °C, II зона – 250 °C, III зона – 265 °C, температура деструктора становить 400 °C. Деструктор представляє собою корпус в якому вмонтовано шнек, що не обертається, і розплав проходить його з дуже низькою швидкістю.

Таблиця 7.

Властивості продуктів деполімеризації ПЕНТ-1, отриманих екструзійним методом

№	Властивості					Склад продуктів деполімеризації		
	Час, хв	ПТР, г/10 хв	Вміст гель фракції, %	T кап., °C	В'язкість, сек T=130 °C	Рідкі продукти, %	Газоподібні продукти, %	Віск, %
1	0	0,2 (T=190 °C)	1,95					
2	5	380 (T=150 °C)	3,1	128	68	3,1	2,1	94,8

3	10		4,8	121	41	4,1	2,1	93,8
4	15		3,1	118	31	4,6	1,8	93,8
5	20		2,1	116	21	4,9	1,6	93,5
6	25		1,8	115	16	5,0	1,4	93,6

Основна ідея дослідження процесу деполімеризації відходів ПММА полягає у порівнянні продуктів деполімеризації відходів ПММА, отриманих традиційним методом блочної полімеризації та більш новітнього ПММА, який отримують екструзійним методом. Блочний ПММА отримують у формі з мономеру, а екструзійний отримують з використанням реактора з наступною грануляцією.

Для розділення відходів ПММА ми обрали ПТР, посилаючись на відомі дані: ($1 \leq \text{г/10хв}$) –ПММА отриманий блочним методом; ($1,5 - 3,0 \text{ г/10хв}$) – екструзійний ПММА [5]. Деполімеризації проводили в установці, аналогічній для деполімеризації ПЕ (рис.1). Було досліджено вплив різних каталізаторів на швидкість протікання процесу деполімеризації, а саме вплив трьох типів металів у вигляді порошку: заліза (Fe), міді (Cu), нержавіючої сталі (SS). Процес здійснювали на протязі 3 годин при температурі 300 °C (таблиця 8). При меншій тривалості процес не проходив до кінця, у піролізній ємності спостерігались залишки вихідної сировини, а після 3 годин лише залишки вуглецю.

Таблиця 8.

Вплив каталізатора на вихід ММА

№	Характеристика	Без каталізатора	Каталізатор		
			Fe	Cu	SS
1	Температура, °C	300	300	300	300
2	Вихід ММА, %	60	63	80	84
3	Вихід піролізату, %	32,5	30,5	16,3	12,5

Розділені відходи ПММА, отримані різними методами, надалі деполімеризували при різних температурах від 275-350 °C в присутності каталізатору SS 1%мас., оскільки в його присутності вихід ММА має найбільший відсоток (табл.9).

Таблиця 9.

Вихід ММА з відходів ПММА

№	Температура, °C	ПММА отриманий блочною полімеризацією		ПММА отриманий екструзійним методом	
		Вихід ММА, %	Вихід піролізату, %	Вихід ММА, %	Вихід піролізату, %
2	275	81	17,0	73	17,8
3	300	88	11,8	80	13,4
4	325	91	8,7	84	12,7
5	350	94	2,9	89	6,9

В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільший вихід ММА при максимальній температурі 350 °C складає 94% при деполімеризації відходів ПММА отриманого блочною полімеризацією. Деполімеризація змішаних відходів ПММА приводить до зниження виходу кінцевого продукту. Перед застосуванням отриманого при деполімеризації мономеру ММА його доцільно очищувати методом перегонки для усунення домішок, що забарвлюють продукт в жовтий колір.

Висновки. Термічна деполімеризація є ефективним та актуальним методом переробки відходів полімерів, з високим виходом кінцевого продукту деполімеризації. При деполімеризації відходів ПММА отримують мономер ММА з виходом 94%, що є цінним продуктом для хімічної промисловості. При деполімеризації відходів ПЕ отримується полімерний віск з виходом до 92 %. Отримання поліетиленового воску навіть з первинного ПЕ має важливе комерційне значення, оскільки його ціна на 30 % вища за полімер ПЕ.

Список використаної літератури

1. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс] /. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Мырин В. Н. Вторичная переработка полимерных материалов в Европе: новые и проверенные решения / В. Н. Мырин // Полимерные материалы – 2013. – № 9. – С. 22-29.
3. Способ переработки вторичного полиэтилена [Електронний ресурс] / [Л. Карнаухова, А. Пивоваров, Л. Гузева та ін.]. – 1998. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.freepatent.ru/patents/2106365>.
4. Мадорский С. Термическое разложение органических полимеров. М.: Мир. 1967. 328 с.
5. Koleva M. CAE DS – Injection Moulding Materials Poly(methyl methacrylate) (PMMA) [Електронний ресурс] / Milena Koleva – Режим доступу до ресурсу: http://www.indabook.org/preview/eqrsbDpwBNoaXMArx5FDKFiX4Vr_kmmllf1ZkFDliKc,/Poly-methyl-methacrylate-PMMA-TUT.html?query=Materials-for-injection-moulding-TUT.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ДЕПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ПОЛИМЕРОВ

СЛЕПЦОВА И.Л., СОВА Н.В., САВЧЕНКО Б.М.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследовать особенности влияния технологических параметров процесса деполімеризации отходов промышленных полимеров на свойства продуктов деполімеризации.

Методика. Используются современные методы исследований реологических и физических характеристик.

Результаты. Выявлено, что процесс деполімеризации отходов промышленных полимеров в значительной степени зависят от температуры и продолжительности процесса. Установлено рациональные условия деполімеризации отходов полиметилметакрилата (ПММА), полученных блочным и экструзионным методом, с максимальным выходом мономера метилметакрилата (ММА) и технологические параметры получения полиетиленового воска из отходов полиэтилена.

Научная новизна. Установлены зависимости влияния основных технологических параметров процесса деполімеризации промышленных полимеров на максимальный выход ценных конечных продуктов.

Практическая значимость. Полученные рациональные параметры процесса деполімеризации позволяют целесообразно и эффективно перерабатывать отходы ПЭ и ПММА, с целью сохранения чистоты окружающей среды и использования вторичного полимерного сырья. Полученные результаты дают возможность разработать промышленные технологические схемы получения мономера ММА из отходов ПММА и получения полиетиленового воска из отходов полиэтилена.

Ключевые слова: *деполимеризация, ПММА, ММА, полиэтиленовый воск, полиэтилен, отходы полимеров.*

THERMAL DEPOLYMERIZATION INDUSTRIAL WASTES OF POLYMERS

SLIEPTSOVA I.L., SOVA N.V., SAVCHENKO B.M.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. Is finding of optimal technological parameters of thermal depolymerization of industrial polymer waste. Polymers used in the study is polymethylmethacrylate (PMMA) and low density polyethylene (LDPE), target product is monomer - methyl methacrylate and oligomer – polyethylene wax.

Methodology. Modern methods of periodic and continuous thermal depolymerization was used.

Findings. It was found that the depolymerization process is largely dependent on the temperature and duration of the process.

Originality. The dependences of the main technological parameters of depolymerization process on yield of end products found for continuous and periodic proucess.

Practical value. Obtained rational parameters allow appropriate and effectively recycle waste PE and PMMA. The results can be used in development of industrial technological process.

Keywords: *depolymerization, PMMA, MMA, polyethylene waxes, polyethylene, wastes of polymers.*

УДК 678.62.18.

СЛЄПЦОВ О.О., СОВА Н.В., САВЧЕНКО Б.М.,
ШОСТАК Т.С.

Київський національний університет технологій та дизайну

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ПРИВИТИХ ПОЛІОЛЕФІНІВ

Мета. Визначення оптимальних технологічних параметрів процесу отримання привитих поліолефінів.

Методика. Щоб передбачити залежність ступеня прививки малеїнового ангідриду від всіх технологічних параметрів процесу функціоналізації поліолефінів було використано повно-факторний експеримент, стандартний план Бокса-Хантера. Планування, проведення і обробка результатів експерименту складається з наступних обов'язкових етапів: кодування факторів; складання план-матриці експерименту; реалізація плану експерименту; перевірка адекватності лінійної моделі (регресійний аналіз). Для обробки результатів плану експерименту була використана програма «Statistika6.0», яка дозволила значно заощадити час на обробку експериментальних даних, оцінити дисперсії коефіцієнтів і помилок спостереження, розрахувати довірчий інтервал істинного значення коефіцієнтів, залишкову суму квадратів, побудувати квадратичні моделі, що адекватно описують вплив температури та тривалості процесу твердофазної прививки, а також вмісту малеїнового ангідриду, пероксиду та вазелінового масла на ступінь прививки малеїнового ангідриду в кінцевому продукті.

Результати. Виявлено, що отримання привитих поліолефінів твердофазним способом з високим ступенем прививки малеїнового ангідриду в значній мірі залежать від температури та тривалості процесу прививки, а також вмісту мономеру - малеїнового ангідриду, ініціатору - пероксиду та носія - вазелінового масла. Проведення процесу прививки при температурі нижче 90°C протягом менше 10 год за вмісту малеїнового ангідриду до 2,0%, пероксиду – до 0,1% та вазелінового масла - до 0,5% не дає бажаного результату. Підвищення температури процесу вище 120°C та тривалості - вище 20 год за вмісту малеїнового ангідриду - 5,0%, пероксиду – до 0,3% та вазелінового масла - до 5,0 % вже не приводить до суттєвого зростання ступеня прививки малеїнового ангідриду в кінцевому продукті.

Наукова новизна. Встановлено механізм взаємовпливу основних технологічних параметрів процесу функціоналізації поліолефінів на ступінь прививки малеїнового ангідриду.

Практична значимість. Отримані оптимальні значення основних факторів процесу функціоналізації поліолефінів, що дозволяють розробити промислову технологічну схему отримання привитих поліолефінів.

Ключові слова: поліолефіни, малеїновий ангідрид, функціоналізація, регресійний аналіз, ступінь прививки.

Вступ. Одним з найпоширеніших способів модифікації властивостей та розширення області застосування поліолефінів є функціоналізація їх шляхом введення в їх структуру полярних функціональних груп [1]. В даному напрямку проводяться численні дослідження з метою пошуку оптимальних параметрів здійснення функціоналізації різних поліолефінів та їх сумішей [2]. Існують різні способи функціоналізації в залежності від виду обладнання, вихідного полімеру та добавок [5]. Кожен процес має свої особливості та на напрями використання. Так, наприклад, співполімер поліетилену та малеїнового ангідриду ефективно використовується як компатибілізатор для високо наповнених полімерних композитів, що

значно покращує фізико-механічні характеристики останніх [3]. Функціоналізований поліпропілен застосовується як адгезивна добавка при виготовленні багатошарових плівкових та листових матеріалів з поліпропілену та поліаміду [4]. Ефективність отримання привитих поліолефінів залежить від правильного підбору технологічних параметрів процесу їх отримання [5-6], тому дослідження спрямовані на визначення оптимальних технологічних режимів здійснення процесу функціоналізації є доцільними та актуальними.

Постановка завдання. Отримання привитих поліолефінів твердофазним способом з високим ступенем прививки малеїнового ангідриду залежить як від технологічних параметрів процесу їх одержання так і від співвідношення вихідних компонентів [7-9].

Результати дослідження. На підставі даних попереднього експерименту були вибрані технологічно прийнятні номінальні значення чинників і інтервали їх варіювання (табл. 1).

Таблиця 1.

Значення факторів і інтервали їх варіювання при моделюванні процесу отримання привитих поліолефінів твердофазним способом

Фактори	Рівні варіювання	
Кодовані значення	-1	+1
Температура, °C	90	120
Тривалість, год	10	20
Вміст МА, %	2,0	5,0
Вміст пероксиду, %	0,1	0,3
Вміст вазелінового масла, %	0,5	5,0

Основна функція відгуку – степінь прививки малеїнового ангідриду в кінцевому продукті.

Залежність між вибраними факторами та функцією відгуку носить лінійний характер. Матриця планування і результати експериментів представлені в таблиці 2.

Розрахунок коефіцієнтів регресії здійснюється за формулою 1:

$$b_i = \sum_{u=1}^n x_{iu} \cdot y_u / x_{iu}^2, \quad (1)$$

де i – номер стовпця в матриці планування; x_{iu} – елементи i -того стовпця.

Користуючись формулою (1) і даними експерименту (таблиця 2) визначається значення коефіцієнтів регресії, які представлені в таблиці 3.

Таблиця 2.

**Матриця планування і результати експерименту при реалізації
стандартного плану Бокса-Хантера**

№ п/п	Фактори					Ступінь прививки малеїнового ангідриду, %		
	Темпера- тура, °C	Тривалість, год	Вміст МА, %	Вміст пероксиду, %	Вміст вазелинового масла, %			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	+1	-1	-1	-1	-1	1,03	1,01	1,05
2	+1	-1	-1	-1	+1	1,12	1,15	1,1
3	+1	-1	-1	+1	-1	1,64	1,62	1,66
4	+1	-1	-1	+1	+1	1,72	1,72	1,7
5	+1	-1	+1	-1	-1	1,08	1,07	1,09
6	+1	-1	+1	-1	+1	1,16	1,16	1,15
7	+1	-1	+1	+1	-1	1,53	1,54	1,55
8	+1	-1	+1	+1	+1	1,68	1,65	1,68
9	+1	+1	-1	-1	-1	1,09	1,1	1,08
10	+1	+1	-1	-1	+1	1,15	1,13	1,16
11	+1	+1	-1	+1	-1	1,7	1,71	1,69
12	+1	+1	-1	+1	+1	1,84	1,83	1,82
13	+1	+1	+1	-1	-1	1,24	1,21	1,23
14	+1	+1	+1	-1	+1	1,32	1,3	1,32
15	+1	+1	+1	+1	-1	1,71	1,7	1,69
16	+1	+1	+1	+1	+1	1,86	1,85	1,87
17	-1	-1	-1	-1	-1	0,81	0,83	0,8
18	-1	-1	-1	-1	+1	0,96	0,95	0,97
19	-1	-1	-1	+1	-1	1,51	1,5	1,53
20	-1	-1	-1	+1	+1	1,61	1,6	1,62
21	-1	-1	+1	-1	-1	0,94	0,93	0,95
22	-1	-1	+1	-1	+1	1,07	1,06	1,05
23	-1	-1	+1	+1	-1	1,4	1,42	1,39
24	-1	-1	+1	+1	+1	1,51	1,5	1,49
25	-1	+1	-1	-1	-1	0,91	0,9	0,92
26	-1	+1	-1	-1	+1	1,05	1,05	1,03
27	-1	+1	-1	+1	-1	1,54	1,52	1,53
28	-1	+1	-1	+1	+1	1,69	1,65	1,68
29	-1	+1	+1	-1	-1	1,13	1,12	1,14
30	-1	+1	+1	-1	+1	1,21	1,2	1,23
31	-1	+1	+1	+1	-1	1,68	1,67	1,69
32	-1	+1	+1	+1	+1	1,71	1,7	1,73

Таблиця 3.

Значення коефіцієнтів регресії

Коефіцієнт регресії	Значення	Рівень значущості, <i>p</i>	Значимість
b ₀	-0,236759	0,212371	
b ₁	0,007306	0,000352	+
b ₂	0,004417	0,601072	
b ₃	0,053796	0,076352	

b ₄	3,655556	0,000000	+
b ₅	0,032685	0,113132	
b ₁₂	-0,000067	0,359798	
b ₁₃	-0,000389	0,118451	
b ₁₄	-0,001667	0,643716	
b ₁₅	-0,000056	0,728289	
b ₂₃	0,003833	0,000057	+
b ₂₄	0,012500	0,255823	
b ₂₅	-0,000167	0,728289	
b ₃₄	-0,250000	0,000003	+
b ₃₅	-0,000926	0,563918	
b ₄₅	0,013889	0,563918	

+ - значимі значення

Як видно з таблиці 3 рівняння регресії адекватне експериментальним даним при рівні значущості 0,05. Аналіз таблиці 2 і таблиці 3 показав, що деякі з коефіцієнтів регресії незначущі, оскільки розрахований рівень значущості вище 0,05.

Рівняння регресії після виключення незначущих коефіцієнтів має вигляд:

$$Y = 0,007306x_1 + 3,655556x_4 + 0,003833x_{23} - 0,25x_{34} \quad (2)$$

Перевірка адекватності одержаної моделі здійснюється за критерієм Фішера і виконується для того, щоб перевірити наскільки в дійсності одержане рівняння регресії відповідає досліджуваному процесу.

Виходячи з даних отриманих за допомогою програми «Statistika 6.0» коефіцієнт детермінації $R_2 = 0,99528 > 0,95$, що вказує на те, що отримана регресія дуже точно апроксимує емпіричні дані. Критерій Фішера $F = 168,20 \geq F_{\text{табл}}(2,59)$, отже, рівняння регресії статистично значуще на рівні значущості 0,05.

Використовування пакету програми «Statistika 6.0» дозволило за рівняннями регресії побудувати поверхні відгуку, які дають можливість зорового сприйняття відповідного геометричного образу (рис. 1 - 3).

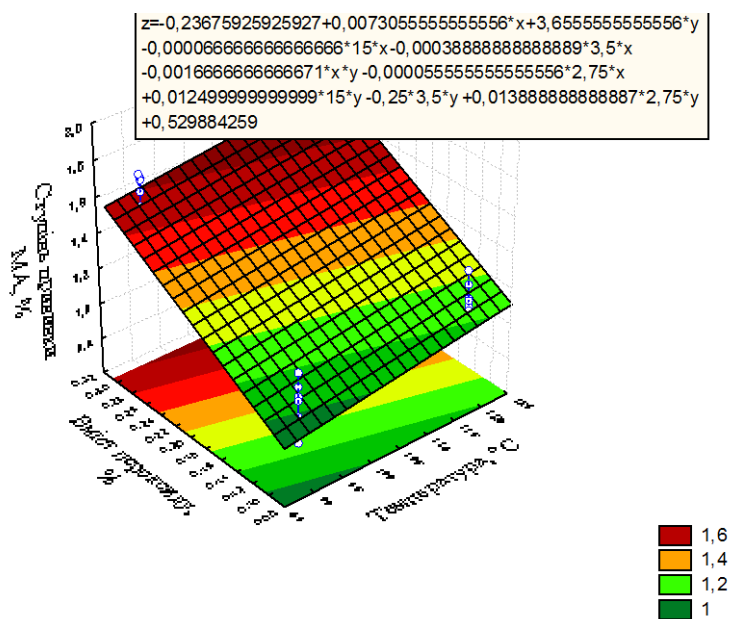


Рис. 1. Залежність ступеня прививки малеїнового ангїдриду в кінцевому продукті від температури процесу та вмісту пероксиду

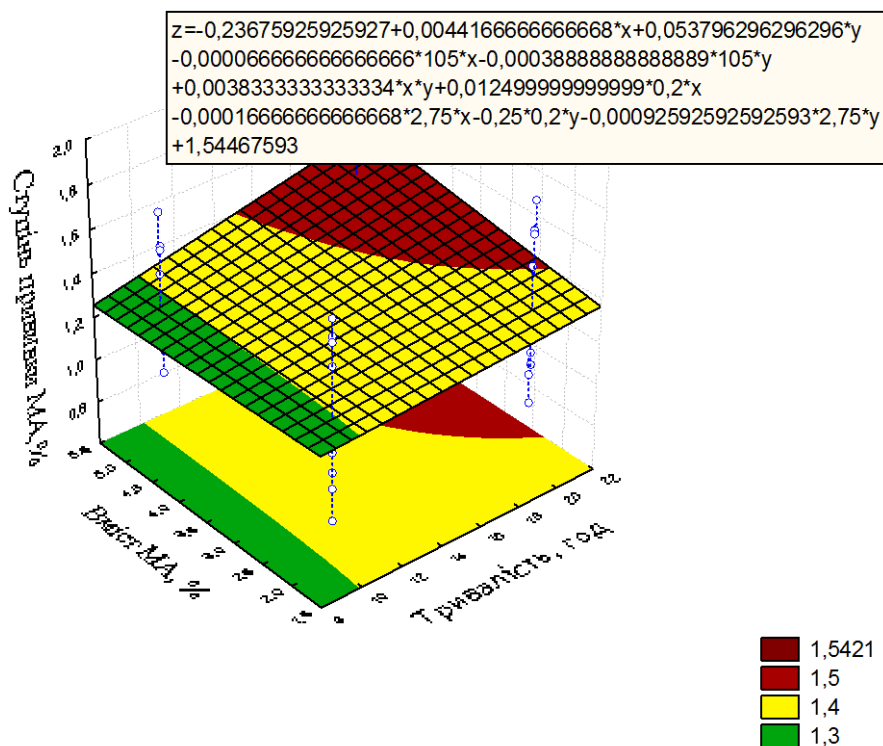


Рис.2. Залежність ступеня прививки малеїнового ангїдриду в кінцевому продукті від тривалості процесу та вмісту малеїнового ангїдриду.

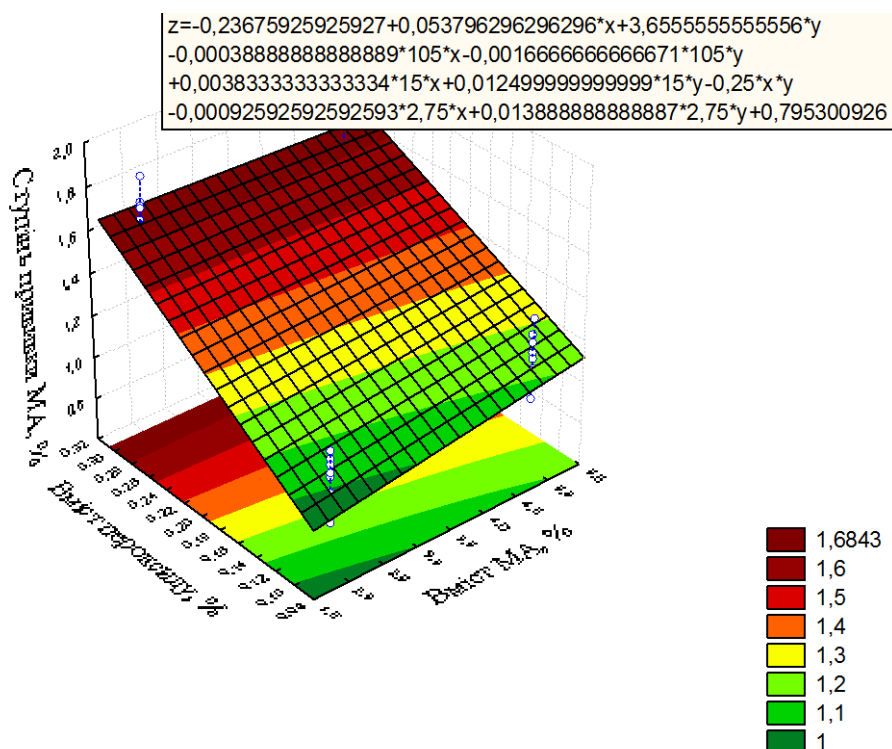


Рис.3. Залежність ступеня прививки малеїнового ангідриду в кінцевому продукті від вмісту малеїнового ангідриду та вмісту перексиду

Коефіцієнти регресії при лінійних членах (x_1 , x_4) характеризують нахил цієї площини, а коефіцієнти регресії при x_{23} , x_{34} характеризують кривизну цієї площини до відповідних осей. Наявність позитивної взаємодії двох факторів (x_1 , x_4) у всіх отриманих рівняннях регресії означає посилення позитивного ефекту одного з взаємодіючих фактів під час переходу другого взаємодіючого фактору з нижнього на верхній рівень незалежно від знака і величини коефіцієнту регресії другого фактору.

Висновки. Математичне моделювання процесу отримання привитих поліолефінів твердофазним способом з використанням повно факторного експерименту дозволило отримати математичну залежність впливу різних технологічних параметрів на ефективність процесу прививки з високою апроксимацією емпіричних даних та встановити оптимальні значення всіх технологічних факторів. Оптимальні технологічні режими отримання привитих поліолефінів твердофазним способом з високим ступенем прививки малеїнового ангідриду: температура -105°C , тривалість процесу прививки – 15 год, за вмісту мономеру - малеїнового ангідриду – 3,5%, ініціатору – перексиду – 0,2% та носія - вазелінового масла - 2,5%.

Список використаної літератури

1. Chemical Modification of Polypropylene by Maleic Anhydride: Melt Grafting, Characterization and Mechanism. / Oromiehie A., Ebadi-Dehaghani H., and Mirbagheri S.// International Journal of Chemical Engineering and Applications. – 2014. - Vol. 5. - No. 2. – P. 117-122.

2. Modification and Properties of Polyolefin with Maleic Anhydride as a Functional Monomer. / Jong Hun Mo, Jae Seok Lee, Im Cheol Choi, Won Kee Lee, Sang Bo Park, Seong Kee Min, and Chan Young Park. // *Elastomers and Composites*. – 2012. - Vol. 47. - No. 2. - P. 162-167.
3. Comparison of maleic anhydride grafting onto powder and granular polypropylene in the melt by reactive extrusion. / Y. Guldoğan, S. Eğri, Z. M. O. Rzaev, E. Piskin. // *J. Appl. Polym. Sci.* – 2004. - №92. – P.3675-3684.
4. Melt free-radical grafting of maleimides with hindered phenol groups onto polyethylene. / T. H. Kim. // *J. Appl. Polym. Sci.* -2004. - №9. – P.4117- 2122.
5. PP/LDPE blends produced by reactive processing. I. Grafting efficiency and rheological and highelastic properties of [PP/LDPE]-g-IA melts. / S. S. Pesetskii, B. Jurkowski, Y. M. Krivogus, T. Tomczyk, O. A. Makarenko. // *J. Appl. Polym. Sci.* – 2006. - №102. – P.5095-5104.
6. Функціоналізований поліетилен . Застосування для модифікації наповнених полімерних композицій / О. О. Слепцов, Н. В. Сова, Б. М. Савченко, Я. А. Куриптя. // *Хімічна промисловість України*. – 2015. – №3. – С. 47–49.
7. Synthesis and characterization of solid-phase graft copolymer of polypropylene with styrene and maleic anhydride. / D. Jia, Y. Luo, Y. Li, H. Lu, W. Fu, W. L. Cheung. // *J. Appl. Polym. Sci.* – 2000. - №78. – P.2482-2487.
8. Патент 105182 UA, МПК C08F 10/00 (2016.01) Спосіб отримання прищепленого співполімеру на основі поліетилену/ Савченко Б.М., Сова Н.В., Слепцов О.О.; Слепцова І.Л., Куриптя Я.А, заявник Київський національний університет технологій та дизайну. — № у 2015 07987; заявл. 11.08.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5, 2016 р.
9. Патент 105183 UA, МПК C08F 10/00 (2016.01) Спосіб отримання привитого співполімеру на основі поліетилену/ Савченко Б.М., Сова Н.В., Слепцов О.О.; Слепцова І.Л., Куриптя Я.А, заявник Київський національний університет технологій та дизайну. — № у 2015 07988; заявл. 11.08.2015 ; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5, 2016 р.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПРИВИТЫХ ПОЛИОЛЕФИНОВ

СЛЕПЦОВ А.О., СОВА Н.В., САВЧЕНКО Б.М., ШОСТАК Т.С.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Определения оптимальных технологических параметров процесса получения привитых полиолефинов.

Методика. Чтобы предусмотреть зависимость степени прививки малеинового ангидрида от всех технологических параметров процесса функционализации полиолефинов был использован полно факторный эксперимент, стандартный план Бокса-Хантера. Планирование, проведение и обработка результатов эксперимента состоит из следующих обязательных этапов: кодирование факторов; составление план-матрицы эксперимента; реализация плана эксперимента; проверка адекватности линейной модели (регрессионный анализ). Для обработки результатов плана эксперимента была использована программа «Statistika 6.0», что позволило значительно сэкономить время на обработку экспериментальных данных, оценить дисперсии коэффициентов и ошибок наблюдения, рассчитать доверительный интервал истинного значения коэффициентов, остаточную сумму квадратов, построить квадратичные модели, адекватно описывающие влияние температуры и продолжительности процесса твердофазной прививки, а также содержания малеинового

ангидрида, перекиси и вазелинового масла на степень прививки малеинового ангидрида в конечном продукте.

Результаты. Выявлено, что получение привитых полиолефинов твердофазным способом с высокой степенью прививки малеинового ангидрида в значительной степени зависит от температуры и продолжительности процесса прививки, а также содержания малеинового ангидрида, инициатора - пероксида и носителя - вазелинового масла. Проведение процесса прививки при температуре ниже 90 °С в течение менее 10 ч при содержании малеинового ангидрида до 2,0%, пероксида - до 0,1% и вазелинового масла - до 0,5% не дает желаемого результата. Повышение температуры процесса выше 120 °С и продолжительности - выше 20 ч при содержании малеинового ангидрида - 5,0%, пероксида - до 0,3% и вазелинового масла - до 5,0% уже не приводит к существенному росту степени прививки малеинового ангидрида в конечном продукте.

Научная новизна. Установлен механизм взаимовлияния основных технологических параметров процесса функционализации полиолефинов на степень прививки малеинового ангидрида.

Практическая значимость. Полученные оптимальные значения основных факторов процесса функционализации полиолефинов позволяют разработать промышленную технологическую схему получения привитых полиолефинов.

Ключевые слова: *полиолефины, малеиновый ангидрид, функционализация, регрессионный анализ, степень прививки.*

MATHEMATICAL MODELING PROCESS OF OBTAINING GRAFTED POLYOLEFINS

SLIEPTSOV O.O., SOVA N.V., SAVCHENKO B.M., SHOSTAK T.S.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. The Optimal of technological parameters of obtaining grafted polyolefins were determined.

Methodology. To allow for the dependence of the degree of grafting of maleic anhydride from all technological parameters of the process of the functionalization of polyolefins, was used a full factorial experiment, a standard Box-Hunter plan. Program "Statistika 6.0" was used to process the results of the experiment, which allowed to save time on the analysis of experimental data, to estimate dispersion coefficients and errors of observation, to calculate the confidence interval of the true values of the coefficients, the residual sum of squares, to build a quadratic model adequately describing the effect of temperature and duration of process of solid-phase grafting, and the content of maleic anhydride, peroxide and paraffin oil on the degree of grafting of maleic anhydride in the final product.

Findings. Found that the production of grafted polyolefins by solid-phase method with a high degree of grafting maleic anhydride to a large extent depends on the temperature, duration of process of inoculation, and the content of maleic anhydride, the initiator - peroxide and the carrier - paraffin oil. Carrying out the process of inoculation at temperatures below 90 ° C for less than 10 hours, when the content of maleic anhydride is 2.0%, peroxide up to 0.1% and mineral oil up to 0.5% does not give the desired result. Increasing the process temperature above 120 ° C and the duration above 20 hours when the content of maleic anhydride is 5.0%, peroxide up to 0.3% and paraffin oil up to 5.0%, does not lead to a substantial increase in the degree of grafting of maleic anhydride in the final product.

Originality. The mechanism of mutual influence of basic technological parameters of the process of polyolefins functionalization on the degree of grafting of maleic anhydride was established.

Practical value. The optimal values of main factors of the process of polyolefins functionalization was received, which will allow to develop an industrial technological scheme of grafted polyolefins production.

Keywords: *polyolefins, maleic anhydride, functionalization, regression analysis, the degree of grafted.*