

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІСНИК

**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

Серія «Технічні науки»

№ 1 (106), 2017

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

Київ 2017

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)

**№1 (106)
2017**

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 подовження) – фаховість із технічних та економічних наук.

ISSN 1813-6796

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

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

Засновник і видавець:

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

Головний редактор:

Грищенко І.М., д.е.н., професор, академік 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. Хімічні та біофармацевтичні технології. 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 № 7 від 22.02.2017 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

№1 (106), 2017

Scientific Specialized Edition

Issued: 6 times a year

Founded: December, 1999

Kyiv 2017

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)

**№1 (106)
2017** The state registration of print media is KB № 19330-9130 ПП, originating date 08.08.2012

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

The journal is listed & reregistered in Higher Attestation Commission of Ukraine:

- № 747, originating date 13.07.2015. Fields: technological, economical.

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

The journal is abstracted and indexed by Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost, WorldCat, 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, 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, Biopharmaceutical 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 № 7, originating date 22.02.2017

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. **АНДРІЄНКО П.Д., АЛЕКСІЄВСЬКИЙ Д.Г. , ПАНКОВА О.О.** Визначення передавальної матриці ланки аеродинамічного перетворення електромеханічної системи ВЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням 11
2. **KULIK T.I., ZLOTENKO V.M.** Calculation of stress at bending of a beam of polymeric material 21
3. **РУБАНКА М.М.** Підвищення надійності різьбових з'єднань деталей в'язальних машин 28
4. **ЛІСОВЕЦЬ С.М., КІВА І.Л.** Енергоефективне керування роботою асинхронного електричного двигуна за допомогою перетворювача частоти векторного ПЧВ101-K75-A 33
5. **СТАЦЕНКО Д.В., КРУК Т.А.** Удосконалення системи керування універсального колекторного електродвигуна кухонного комбайну 42
6. **ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Є.О.** Динамічні навантаження товароприйомного механізму, зумовлені гальмуванням круглов'язальної машини 48
7. **ФОМИН В.М.** Построение дифференциальных уравнений пространственного изгиба железобетонных балок и рам с учетом физической и геометрической нелинейностей и пластичности бетона 58
8. **СТАЦЕНКО О.В.** Модель асинхронного двигуна для аналізу енергетичних показників в програмному середовищі MATLAB SIMULINK 66

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО, ШВЕЙНЕ ТА ТЕКСТИЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО. МЕТРОЛОГІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ

9. **ОМЕЛЬЧЕНКО В.Д., ГАЛАВСЬКА Л.Є., РОЗСОХА Т.І.** Міжнародна практика стандартизації трикотажу 76
10. **КУРГАНСЬКА М.М., БЕРЕЗНЕНКО С.М., МАЛІЙ А.О., КУРГАНСЬКИЙ А.В., ВАСИЛЕНКО В.М.** Оцінювання сумісності елементів перспективних комплектів бойового спорядження: аеробна продуктивність організму суб'єктів 83
11. **ХІМІЧЕВА Г.І., МИХАЛКО А.О., СУПРУНЕЦЬ М.Г.** Удосконалення класифікації структурних складових комплексної туристичної послуги 90

ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

- | | | |
|-----|---|-----|
| 12. | ІЩЕНКО О.В., РЕСНИЦЬКИЙ І.В., КОЛЯДА М.К., ЛЯШОК І.О., ШИНКАРЬОВА К.В., ШВИДКА К.М. Плівки медичного призначення на основі природних полімерів | 100 |
| 13. | НОВАК Д.С., СОРОХТЕЙ М.М., РЕЗАНОВА Н.М. Вплив нанодобавок на властивості монониток | 111 |
| 14. | ЛИСІН В.І.¹, КОВАЛЕНКО І.В.¹, МАКЄЄВА І.С.² Вплив морфології та дисперсності твердих наповнювачів TiO_2 і SnO_2 на електропровідність сольових систем | 119 |
| 15. | МИЩЕНКО А. В., ВЕНГЕР Е. А., РАСТОРГУЕВА М. И. Улучшение псевдопластических свойств загусток на основе растворов блоксополиуретана | 128 |

ДИЗАЙН ТА МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

- | | | |
|-----|---|-----|
| 16. | НІКОЛАЄВА Т. В., ШАФРАНСЬКА Т. В. Розвиток національних художніх традицій в підготовці фахівців з дизайну костюма та брендової продукції | 139 |
|-----|---|-----|

УДК 621.311.24

АНДРІЄНКО П.Д.⁽¹⁾, АЛЕКСІЄВСЬКИЙ Д.Г.⁽²⁾,
ПАНКОВА О.О.⁽²⁾

(1) Запорізький національний технічний університет,

(2) Запорізька державна інженерна академія

**ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНОЇ МАТРИЦІ ЛАНКИ
АЕРОДИНАМІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ВЕУ З
АЕРОДИНАМІЧНИМ МУЛЬТИПЛІКУВАННЯМ**

Мета. Визначення передавальної матриці ланки аеромеханічного перетворення електромеханічної системи ВЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням.

Методика. У процесі розробки методики визначення передавальної матриці була проведена процедура лінеаризації вихідної нелінійної моделі ланки аеродинамічного перетворення. Також використано математичний апарат розв'язання систем трансцендентних рівнянь. В основі методики лежить узагальнена модель ланки аеродинамічного перетворення електромеханічної системи вітроенергетичної установки з аеродинамічним мультиплікуванням.

Результати. Розроблено методику визначення передавальної матриці ланки аеродинамічного перетворення для ВЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням. Розроблено методику розрахунку параметрів передавальної матриці.

Наукова новизна. Методика визначення передавальної матриці ланки аеродинамічного перетворення електромеханічної системи ВЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням на основі узагальненої моделі цієї системи запропонована вперше.

Практична значимість. Дана методика може бути використана як складова у процедурі синтезу оптимальних регуляторів для електромеханічної системи ВЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням.

Ключові слова: вітроенергетична установка, вітротурбіна, математична модель, передавальна матриця, аеродинамічне мультиплікування.

Вступ. Схема з аеродинамічним мультиплікуванням дозволяє позбутися механічного мультиплікатора ВЕУ. Збільшення кутової швидкості на валу генератора досягається за рахунок того, що швидкість вторинного повітряного потоку значно перевищує швидкість вітру.

Аналізу поведінки електрогенеруючої системи ВЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням у останній час було присвячено значну кількість опублікованих робіт [1-7]. У роботах [1, 5, 6] було досліджено статичні режими при постійному значенні кутової швидкості на валу генератора і на валу первинної вітротурбіни. Результати досліджень були отримані шляхом аналізу статичних характеристик, а також сталих режимів нелінійної моделі динаміки електрогенеруючої системи ВЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням. Вони, в основному, стосуються розв'язання проблем ефективності роботи ВЕУ. Динамічним властивостям електромеханічної системи з аеродинамічним мультиплікуванням були присвячені роботи [2, 3, 4, 7] та інші публікації цих же авторів.

Зокрема, в роботі [7] було розглянуто питання визначення передавальної функції ланки аеродинамічного мультиплікування, було отримано вираз для передавальної функції та запропонована методика визначення її коефіцієнтів. При побудові вихідної моделі було прийнято припущення про ідентичність параметрів і поведінки всіх трьох вторинних аеромеханічних підсистем. Таке припущення дозволило отримати адекватний інструмент для

аналізу основних процесів в цій системі при досить компактній формі запису результатів. Однак, при проектуванні системи управління даної БЕУ, існує ряд питань, які не можуть бути вирішені з використанням отриманої передавальної функції і вимагають виходу за рамки прийнятих припущень. Зокрема це стосується аналізу процесів взаємодії вторинних підсистем між собою. У цьому випадку всі вторинні підсистеми повинні розглядатися окремо. При цьому система має декілька входів і декілька виходів. А її математичний опис являє собою передавальну матрицю. Її визначенню і присвячена дана робота.

Постановка завдання. Метою даної роботи є визначення, в результаті аналітичного дослідження, передавальної матриці ланки аеромеханічного перетворення електромеханічної системи БЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням.

Передавальна матриця ланки аеродинамічного перетворення необхідна для процедури синтезу системи управління електромеханічною системою БЕУ методами теорії автоматичного керування [11]. В даному випадку ланка аеродинамічного перетворення виступає в якості складової частини об'єкта управління.

Результати дослідження. Модель ланки аеродинамічного перетворення. При побудові вихідної моделі ланки аеродинамічного мультиплікування були прийняті наступні припущення.

1. Моменти механічних втрат включені в механічні характеристики вітротурбін.
2. В даному наближенні всі обертові підсистеми вважаються жорсткими.

На рисунку 1 зображена блок-схема підсистеми аеромеханічного перетворення. Вона містить структурні елементи, які визначають її нелінійність: механічна характеристика первинної вітротурбіни (NB1.0), механічні характеристики вторинних вітротурбін (NB2.1, NB2.2, NB2.3), операції множення (NB3.1, NB3.2, NB3.3), операція ділення (NB4.0).

На рисунку 2 представлена лінеаризована модель підсистеми. Для виконання умови гомогенності [8] система розглядається в координатах приросту відповідних змінних. Після лінеаризації нелінійний елемент було описано рівнянням поверхні, що проходить через початок координат, типу:

$$y(x_1, x_2) = a_1 x_1 + a_2 x_2. \quad (1)$$

Отримана таким чином, блок-схема наведена на рисунку 2.

Визначення координат робочої точки. Першим етапом розрахунку коефіцієнтів моделі є визначення координат робочої точки. Значення змінних в робочій точці відповідають сталому режиму. Він характеризується нульовими значеннями входів інтеграторів (див. рис.1).

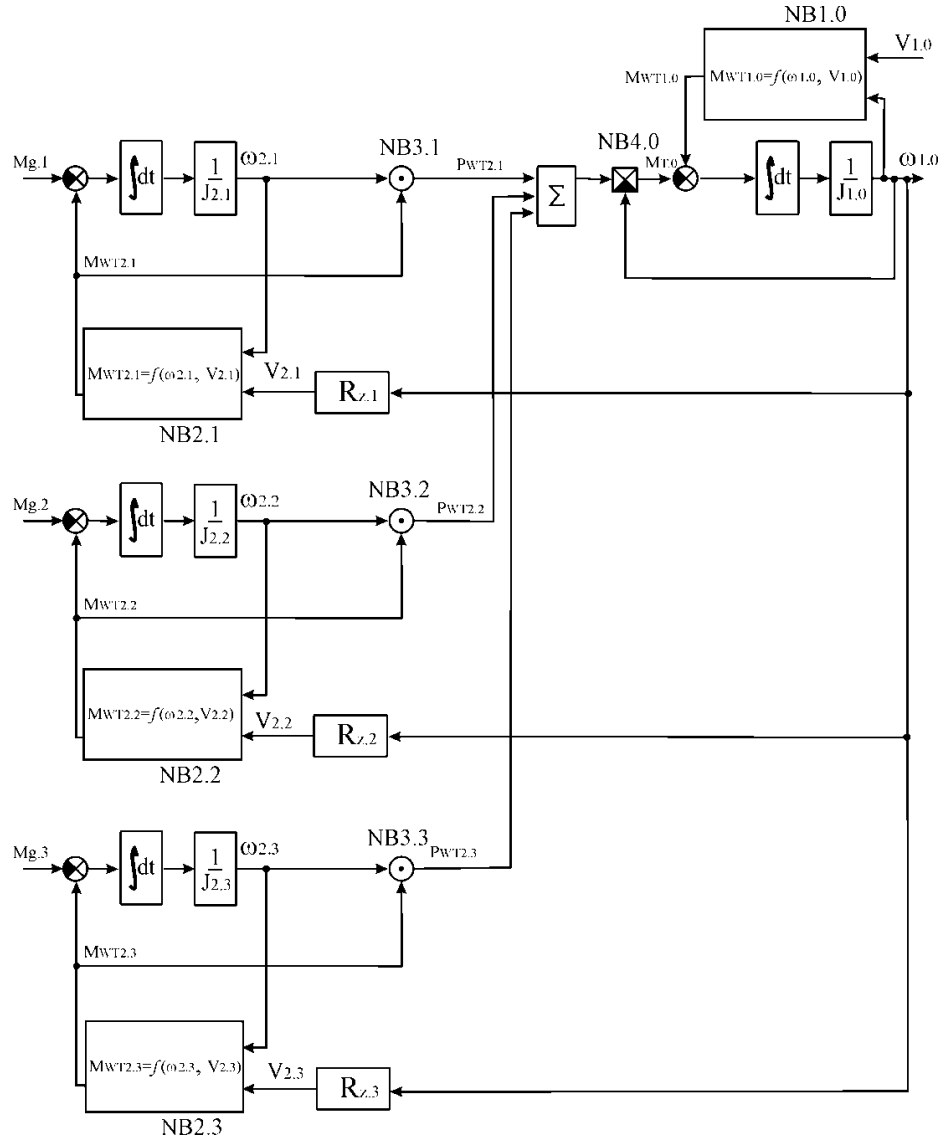


Рис.1. Вихідна блок схема моделі ланки аеродинамічного перетворення

Виходячи з даної властивості, можуть бути отримані наступні вирази:

$$M_{WT1.0}^{*0} = M_{T.0}^{*0}, \quad (2)$$

$$M_{WT2.1}^{*0} = M_{g.1}^{*0}, \quad (3)$$

$$M_{WT2.2}^{*0} = M_{g.2}^{*0}, \quad (4)$$

$$M_{WT2.3}^{*0} = M_{g.3}^{*0}, \quad (5)$$

де $M_{WT1.0}^{*0}$ - момент первинної вітротурбіни в сталому режимі,

$M_{T.0}^{*0}$ - момент гальмування первинної аеромеханічної підсистеми в

сталому режимі,

$M_{WT2.1}^{*0}$ $M_{WT2.2}^{*0}$ $M_{WT2.3}^{*0}$ - момент вторинних вітротурбін в сталому

режимі,

$M_{g.1}^{*0}$, $M_{g.2}^{*0}$, $M_{g.3}^{*0}$ - моменти на валу генераторів в сталому режимі.

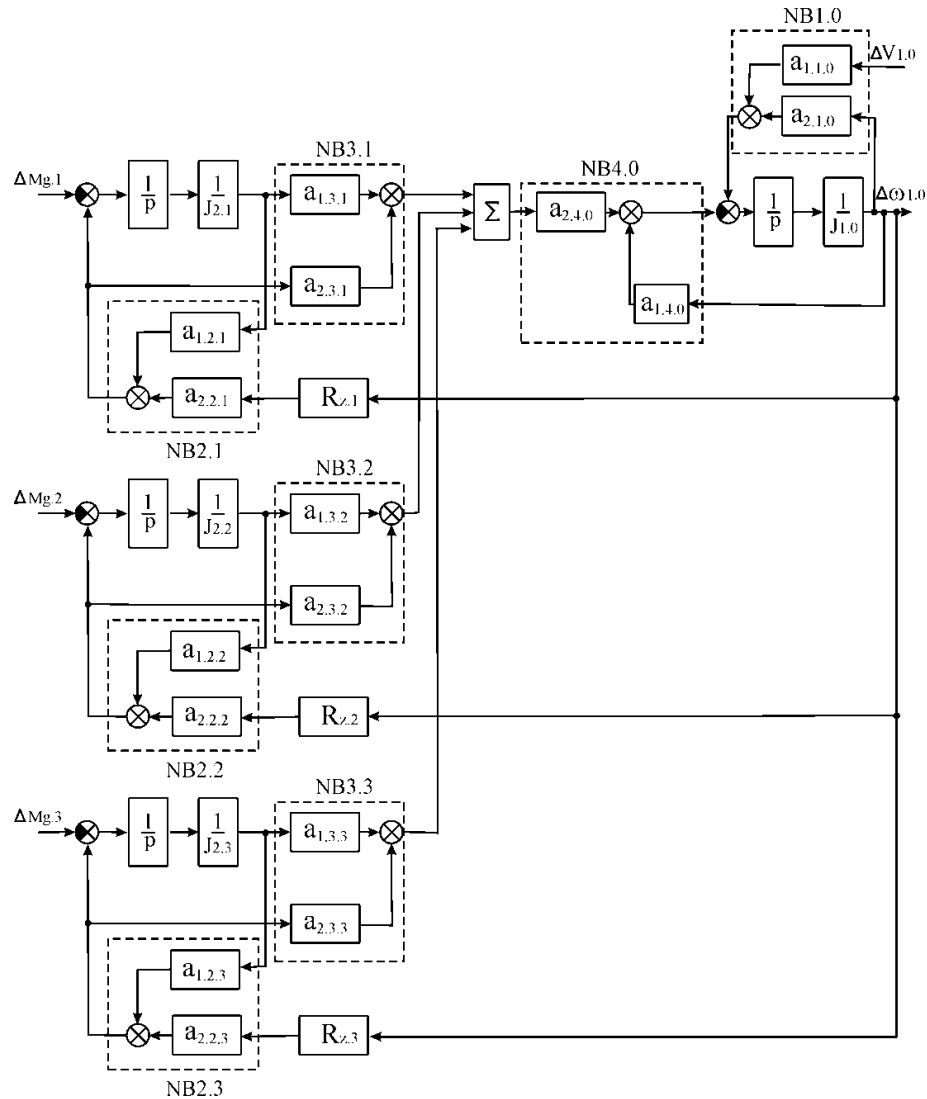


Рис.2. Блок-схема моделі ланки аеродинамічного перетворення після лінеаризації

Швидкості вторинних повітряних потоків визначаються кутовою швидкістю первинної вітротурбіни:

$$V_{2,1}^{*0} = R_{Z,1}^{*} \cdot \omega_{1,0}^{*0}, \quad V_{2,2}^{*0} = R_{Z,2}^{*} \cdot \omega_{1,0}^{*0}, \quad V_{2,3}^{*0} = R_{Z,3}^{*} \cdot \omega_{1,0}^{*0}, \quad (6)$$

де $R_{Z,1}^{*}$, $R_{Z,2}^{*}$, $R_{Z,3}^{*}$ - радіуси закріплення вторинних вітротурбін,

$\omega_{1,0}^{*0}$ - кутова швидкість обертання первинної вітротурбіни в сталому

режимі.

Для проведення лінеаризації нелінійних блоків необхідно визначити значення наступного набору параметрів робочої точки ланки аеродинамічного перетворення: $\omega_{1,0}^{*0}$, $\omega_{2,1}^{*0}$, $\omega_{2,2}^{*0}$, $\omega_{2,3}^{*0}$, $M_{T,0}^{*0}$, $P_{WT,2,1}^{*0}$, $P_{WT,2,2}^{*0}$, $P_{WT,2,3}^{*0}$, $V_{2,1}^{*0}$, $V_{2,2}^{*0}$, $V_{2,3}^{*0}$, $M_{WT,1,0}^{*0}$, $M_{WT,2,1}^{*0}$, $M_{WT,2,2}^{*0}$, $M_{WT,2,3}^{*0}$. Значення перших восьми з них можуть бути визначені в результаті розв'язання наступної системи трансцендентних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{WT1.0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0}) - M_{T.0}^{*0} = 0 \\ f_{WT2.1}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.1}^{*0}) - M_{g.1}^{*0} = 0 \\ f_{WT2.2}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.2}^{*0}) - M_{g.2}^{*0} = 0 \\ f_{WT2.3}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.3}^{*0}) - M_{g.3}^{*0} = 0 \\ P_{WT2.1}^{*0} - \omega_{2.1}^{*0} \cdot M_{g.1}^{*0} = 0 \\ P_{WT2.2}^{*0} - \omega_{2.2}^{*0} \cdot M_{g.2}^{*0} = 0 \\ P_{WT2.3}^{*0} - \omega_{2.3}^{*0} \cdot M_{g.3}^{*0} = 0 \\ M_{T.0}^{*0} - \frac{P_{WT2.1}^{*0} + P_{WT2.2}^{*0} + P_{WT2.3}^{*0}}{\omega_{1.0}^{*0}} = 0 \end{array} \right. , \quad (7)$$

де $\omega_{2.1}^{*0}, \omega_{2.2}^{*0}, \omega_{2.3}^{*0}$ - кутові швидкості вторинних вітротурбін.

Решта визначається за допомогою виразів (2), (3), (4), (5), (6).

В системі рівнянь (7) функції $f_{WT1.0}$, $f_{WT2.1}$, $f_{WT2.2}$, $f_{WT2.3}$ являють собою вирази для сімейства механічних характеристик первинної і вторинних вітротурбін, і визначаються з наступних виразів:

$$f_{WT1.0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0}) = \frac{(V_{1.0}^{*0})^3}{\omega_{1.0}^{*0}} \cdot Cp_{1.0}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0}), \quad (8)$$

$$f_{WT2.1}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.1}^{*0}) = \left(\frac{R_{2.1}^*}{R_{1.0}^*} \right)^2 \cdot \frac{(R_{2.1}^* \cdot \omega_{1.0}^{*0})^3}{\omega_{2.1}^{*0}} \cdot Cp_{2.1}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.1}^{*0}), \quad (9)$$

$$f_{WT2.2}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.2}^{*0}) = \left(\frac{R_{2.2}^*}{R_{1.0}^*} \right)^2 \cdot \frac{(R_{2.2}^* \cdot \omega_{1.0}^{*0})^3}{\omega_{2.2}^{*0}} \cdot Cp_{2.2}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.2}^{*0}), \quad (10)$$

$$f_{WT2.3}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.3}^{*0}) = \left(\frac{R_{2.3}^*}{R_{1.0}^*} \right)^2 \cdot \frac{(R_{2.3}^* \cdot \omega_{1.0}^{*0})^3}{\omega_{2.3}^{*0}} \cdot Cp_{2.3}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.3}^{*0}). \quad (11)$$

Значення коефіцієнтів потужності вітротурбін $Cp_{1.0}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0})$, $Cp_{2.1}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.1}^{*0})$, $Cp_{2.2}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.2}^{*0})$ та $Cp_{2.3}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.3}^{*0})$ визначаються за допомогою наступних виразів (використовуючи [9]):

$$Cp_{1.0}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0}) = \begin{cases} Cp_{1.0}^{*max} \cdot \left(\frac{Z_{1.0}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0})}{Z_{1.0}^{*opt}} \right)^{b_1} \cdot \left[-2 \cdot \left(\frac{Z_{1.0}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0})}{Z_{1.0}^{*opt}} \right)^{b_2} + 3 \right] & \text{при } 0 < Z_{1.0}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0}) \leq Z_{1.0}^{*opt} \\ Cp_{1.0}^{*max} - \frac{Cp_{1.0}^{*max}}{(Z_{1.0}^{*xx} - Z_{1.0}^{*opt})^{b_3}} \cdot (Z_{1.0}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0}) - Z_{1.0}^{*opt})^{b_4} & \text{при } Z_{1.0}^{*opt} < Z_{1.0}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0}) < Z_{1.0}^{*xx} \\ Cp_{1.0}^{*max} - \frac{Cp_{1.0}^{*max}}{(Z_{1.0}^{*xx} - Z_{1.0}^{*opt})^{b_5}} \cdot (Z_{1.0}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0}) - Z_{1.0}^{*opt})^{b_6} & \text{при } Z_{1.0}^{*xx} \leq Z_{1.0}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, V_{1.0}^{*0}) < +\infty \end{cases}$$

$$Cp_{2.1}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.1}^{*0}) = \begin{cases} Cp_{2.1}^{*max} \cdot \left(\frac{Z_{2.1}^{*0}}{Z_{2.1}^{*opt}} \right)^{b_7} \cdot \left[-2 \cdot \left(\frac{Z_{2.1}^{*0}}{Z_{2.1}^{*opt}} \right)^{b_8} + 3 \right] & \text{при } 0 < Z_{2.1}^{*0} \leq Z_{2.1}^{*opt} \\ Cp_{2.1}^{*max} - \frac{Cp_{2.1}^{*max}}{(Z_{2.1}^{*xx} - Z_{2.1}^{*opt})^{b_9}} \cdot (Z_{2.1}^{*0} - Z_{2.1}^{*opt})^{b_{10}} & \text{при } Z_{2.1}^{*opt} < Z_{2.1}^{*0} < Z_{2.1}^{*xx} \\ Cp_{2.1}^{*max} - \frac{Cp_{2.1}^{*max}}{(Z_{2.1}^{*xx} - Z_{2.1}^{*opt})^{b_{11}}} \cdot (Z_{2.1}^{*0} - Z_{2.1}^{*opt})^{b_{12}} & \text{при } Z_{2.1}^{*xx} \leq Z_{2.1}^{*0} < +\infty \end{cases}$$

$$Cp_{2.2}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.2}^{*0}) = \begin{cases} Cp_{2.2}^{*max} \cdot \left(\frac{Z_{2.2}^{*0}}{Z_{2.2}^{*opt}} \right)^{b_{13}} \cdot \left[-2 \cdot \left(\frac{Z_{2.2}^{*0}}{Z_{2.2}^{*opt}} \right)^{b_{14}} + 3 \right] & \text{при } 0 < Z_{2.2}^{*0} \leq Z_{2.2}^{*opt} \\ Cp_{2.2}^{*max} - \frac{Cp_{2.2}^{*max}}{(Z_{2.2}^{*xx} - Z_{2.2}^{*opt})^{b_{15}}} \cdot (Z_{2.2}^{*0} - Z_{2.2}^{*opt})^{b_{16}} & \text{при } Z_{2.2}^{*opt} < Z_{2.2}^{*0} < Z_{2.2}^{*xx} \\ Cp_{2.2}^{*max} - \frac{Cp_{2.2}^{*max}}{(Z_{2.2}^{*xx} - Z_{2.2}^{*opt})^{b_{17}}} \cdot (Z_{2.2}^{*0} - Z_{2.2}^{*opt})^{b_{18}} & \text{при } Z_{2.2}^{*xx} \leq Z_{2.2}^{*0} < +\infty \end{cases}$$

$$Cp_{2.3}^{*0}(\omega_{1.0}^{*0}, \omega_{2.3}^{*0}) = \begin{cases} Cp_{2.3}^{*max} \cdot \left(\frac{Z_{2.3}^{*0}}{Z_{2.3}^{*opt}} \right)^{b_{19}} \cdot \left[-2 \cdot \left(\frac{Z_{2.3}^{*0}}{Z_{2.3}^{*opt}} \right)^{b_{20}} + 3 \right] & \text{при } 0 < Z_{2.3}^{*0} \leq Z_{2.3}^{*opt} \\ Cp_{2.3}^{*max} - \frac{Cp_{2.3}^{*max}}{(Z_{2.3}^{*xx} - Z_{2.3}^{*opt})^{b_{21}}} \cdot (Z_{2.3}^{*0} - Z_{2.3}^{*opt})^{b_{22}} & \text{при } Z_{2.3}^{*opt} < Z_{2.3}^{*0} < Z_{2.3}^{*xx} \\ Cp_{2.3}^{*max} - \frac{Cp_{2.3}^{*max}}{(Z_{2.3}^{*xx} - Z_{2.3}^{*opt})^{b_{23}}} \cdot (Z_{2.3}^{*0} - Z_{2.3}^{*opt})^{b_{24}} & \text{при } Z_{2.3}^{*xx} \leq Z_{2.3}^{*0} < +\infty \end{cases} \quad (12)$$

де $Cp_{1.0}^{*max}$, $Cp_{2.1}^{*max}$, $Cp_{2.2}^{*max}$, $Cp_{2.3}^{*max}$ - максимальні значення коефіцієнтів потужності у відносних одиницях первинної і вторинних вітротурбін, відповідно,

$Z_{1.0}^{*opt}$, $Z_{2.1}^{*opt}$, $Z_{2.2}^{*opt}$, $Z_{2.3}^{*opt}$ - оптимальні значення швидкохідності в системі відносних одиниць первинної і вторинних вітротурбін, відповідно,

$Z_{1.0}^{*xx}$, $Z_{2.1}^{*xx}$, $Z_{2.2}^{*xx}$, $Z_{2.3}^{*xx}$ - значення швидкохідності при холостому ході в системі відносних одиниць первинної і вторинних вітротурбін, відповідно,

$Z_{1.0}^{*0}$, $Z_{2.1}^{*0}$, $Z_{2.2}^{*0}$, $Z_{2.3}^{*0}$ - значення швидкохідності для сталого режиму в системі відносних одиниць первинної і вторинних вітротурбін, відповідно,

$b_1, \dots, b_{24}$ - коефіцієнти апроксимації.

Значення швидкохідності первинної і вторинних вітротурбін в робочій точці визначаються за допомогою наступних виразів:

$$Z_{1.0}^{*0} = \frac{\omega_{1.0}^{*0} \cdot R_{1.0}^*}{V_{1.0}^{*0}}, \quad Z_{2.1}^{*0} = \frac{\omega_{2.1}^{*0} \cdot R_{2.1}^*}{\omega_{1.0}^{*0} \cdot R_{Z.1}^*}, \quad Z_{2.2}^{*0} = \frac{\omega_{2.2}^{*0} \cdot R_{2.2}^*}{\omega_{1.0}^{*0} \cdot R_{Z.2}^*}, \quad Z_{2.3}^{*0} = \frac{\omega_{2.3}^{*0} \cdot R_{2.3}^*}{\omega_{1.0}^{*0} \cdot R_{Z.3}^*}, \quad (13)$$

де $R_{1.0}^*$, $R_{2.1}^*$, $R_{2.2}^*$, $R_{2.3}^*$ - значення радіусів первинної і вторинних вітротурбін у відносних одиницях, відповідно.

Визначення коефіцієнтів лінеаризації.

Коефіцієнти $a_{1.1.0}$ та $a_{2.1.0}$ визначаються з виразу:

$$\begin{pmatrix} a_{1.1.0} \\ a_{2.1.0} \end{pmatrix} = \nabla_{X_{NB1.0}} f_{NB1.0}(X_{NB1.0}), \quad \text{де } X_{NB1.0} = \begin{pmatrix} \omega_{1.0}^{*0} \\ V_{1.0}^{*0} \end{pmatrix} \text{ і } f_{NB1.0}(X_{NB1.0}) = f_{WT1}(\omega_{1.0}^*, V_{1.0}^*). \quad (14)$$

Коефіцієнти $a_{1.2.1}$ та $a_{2.2.1}$ визначаються з виразу:

$$\begin{pmatrix} a_{1.2.1} \\ a_{2.2.1} \end{pmatrix} = \nabla_{X_{NB2.1}} f_{NB2.1}(X_{NB2.1}), \quad \text{де } X_{NB2.1} = \begin{pmatrix} \omega_{2.1}^{*0} \\ V_{2.1}^{*0} \end{pmatrix} \text{ і } f_{NB2.1}(X_{NB2.1}) = f_{WT2.1}(\omega_{2.1}^*, V_{2.1}^*). \quad (15)$$

Коефіцієнти $a_{1.2.2}$ та $a_{2.2.2}$ визначаються з виразу:

$$\begin{pmatrix} a_{1,2,2} \\ a_{2,2,2} \end{pmatrix} = \nabla_{X_{NB2,2}} f_{NB2,2}(X_{NB2,2}), \text{ де } X_{NB2,2} = \begin{pmatrix} \omega_{2,2}^{*0} \\ V_{2,2}^{*0} \end{pmatrix} \text{ і } f_{NB2,2}(X_{NB2,2}) = f_{WT2,2}(\omega_{2,2}^*, V_{2,2}^*). \quad (16)$$

Коефіцієнти $a_{1,2,3}$ та $a_{2,2,3}$ визначаються з виразу:

$$\begin{pmatrix} a_{1,2,3} \\ a_{2,2,3} \end{pmatrix} = \nabla_{X_{NB2,3}} f_{NB2,3}(X_{NB2,3}), \text{ де } X_{NB2,3} = \begin{pmatrix} \omega_{2,3}^{*0} \\ V_{2,3}^{*0} \end{pmatrix} \text{ і } f_{NB2,3}(X_{NB2,3}) = f_{WT2,3}(\omega_{2,3}^*, V_{2,3}^*). \quad (17)$$

Коефіцієнти $a_{1,3,1}$ та $a_{2,3,1}$ визначаються з виразу:

$$\begin{pmatrix} a_{1,3,1} \\ a_{2,3,1} \end{pmatrix} = \nabla_{X_{NB3,1}} f_{NB3,1}(X_{NB3,1}), \text{ де } X_{NB3,1} = \begin{pmatrix} \omega_{2,1}^{*0} \\ M_{WT2,1}^{*0} \end{pmatrix} \text{ і } f_{NB3,1}(X_{NB3,1}) = \omega_{2,1}^* \cdot M_{WT2,1}^*. \quad (18)$$

Коефіцієнти $a_{1,3,2}$ та $a_{2,3,2}$ визначаються з виразу:

$$\begin{pmatrix} a_{1,3,2} \\ a_{2,3,2} \end{pmatrix} = \nabla_{X_{NB3,2}} f_{NB3,2}(X_{NB3,2}), \text{ де } X_{NB3,2} = \begin{pmatrix} \omega_{2,2}^{*0} \\ M_{WT2,2}^{*0} \end{pmatrix} \text{ і } f_{NB3,2}(X_{NB3,2}) = \omega_{2,2}^* \cdot M_{WT2,2}^*. \quad (19)$$

Коефіцієнти $a_{1,3,3}$ та $a_{2,3,3}$ визначаються з виразу:

$$\begin{pmatrix} a_{1,3,3} \\ a_{2,3,3} \end{pmatrix} = \nabla_{X_{NB3,3}} f_{NB3,3}(X_{NB3,3}), \text{ де } X_{NB3,3} = \begin{pmatrix} \omega_{2,3}^{*0} \\ M_{WT2,3}^{*0} \end{pmatrix} \text{ і } f_{NB3,3}(X_{NB3,3}) = \omega_{2,3}^* \cdot M_{WT2,3}^*. \quad (20)$$

Коефіцієнти $a_{1,4,0}$ та $a_{2,4,0}$ визначаються з виразу:

$$\begin{pmatrix} a_{1,4,0} \\ a_{2,4,0} \end{pmatrix} = \nabla_{X_{NB4,0}} f_{NB4,0}(X_{NB4,0}), \text{ де } X_{NB4,0} = \begin{pmatrix} \omega_{1,0}^{*0} \\ P_{WT2,1}^{*0} + P_{WT2,2}^{*0} + P_{WT2,3}^{*0} \end{pmatrix} \text{ і} \\ f_{NB4,0}(X_{NB4,0}) = \frac{P_{WT2,1}^* + P_{WT2,2}^* + P_{WT2,3}^*}{\omega_{1,0}^*}. \quad (21)$$

Визначення передавальної матриці ланки електромеханічного перетворення. На підставі лінеаризованої моделі ланки аеродинамічного мультиплікування (див. рис.2) може бути складена модель в змінних стану (прохідна матриця відсутня) [10]:

$$\begin{cases} \dot{x} = A \cdot x + B \cdot u \\ y = C \cdot x \end{cases}. \quad (22)$$

Системі (22) відповідають такі матриці:

$$A = \begin{bmatrix} a_{2,1,0} - a_{1,4,0} - a_{2,4,0} \cdot (a_{2,3,1} a_{2,2,1} R_{Z1} + a_{2,3,2} a_{2,2,2} R_{Z2} + a_{2,3,3} a_{2,2,3} R_{Z3}) & -a_{2,4,0} (a_{1,3,1} a_{2,3,1} a_{1,2,1}) & -a_{2,4,0} (a_{1,3,2} a_{2,3,2} a_{1,2,2}) & -a_{2,4,0} (a_{1,3,3} a_{2,3,3} a_{1,2,3}) \\ J_{1,0} & J_{1,0} & J_{1,0} & J_{1,0} \\ \frac{a_{2,2,1} R_{Z1}}{J_{2,1}} & \frac{a_{1,2,1}}{J_{2,1}} & 0 & 0 \\ \frac{a_{2,2,2} R_{Z2}}{J_{2,2}} & 0 & \frac{a_{1,2,2}}{J_{2,2}} & 0 \\ \frac{a_{2,2,3} R_{Z3}}{J_{2,3}} & 0 & 0 & \frac{a_{1,2,3}}{J_{2,3}} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ (-1) & 0 & 0 \\ J_{2,1} & 0 & 0 \\ 0 & (-1) & 0 \\ 0 & 0 & (-1) \\ 0 & 0 & J_{2,3} \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} \Delta \omega_{1,0}^* \\ \Delta \omega_{2,1}^* \\ \Delta \omega_{2,2}^* \\ \Delta \omega_{2,3}^* \end{bmatrix}, \quad u = \begin{bmatrix} 0 \\ \Delta M_{g,1}^* \\ \Delta M_{g,2}^* \\ \Delta M_{g,3}^* \end{bmatrix}, \quad (23)$$

де $J_{1,0}^*, J_{2,1}^*, J_{2,2}^*, J_{2,3}^*$ - моменти інерції аеромеханічних підсистем,
 $\Delta M_{g,1}^{*0}, \Delta M_{g,2}^{*0}, \Delta M_{g,3}^{*0}$ - приріст моментів генераторів,
 $\Delta \omega_{1,0}^{*0}, \Delta \omega_{2,1}^{*0}, \Delta \omega_{2,2}^{*0}, \Delta \omega_{2,3}^{*0}$ - приріст кутових швидкостей аеромеханічної підсистеми.

Передавальна матриця визначається за допомогою матричного виразу [10]:

$$W(p) = C \cdot (p \cdot I - A)^{-1} \cdot B, \quad (24)$$

де I - одинична матриця.

Отримана передавальна матриця має великі розміри, внаслідок цього не може бути наведена, в рамках даної статті в розгорнутому вигляді, проте може бути використана в подальших обчисленнях при процедурі синтезу регулятора.

Висновки. Після лінеаризації вихідної нелінійної моделі ланки аеродинамічного перетворення була отримана передавальна матриця даної ланки та запропонована методика розрахунку її параметрів. Значення параметрів передавальної матриці ланки залежать від координат робочої точки на статичній траєкторії регулювання і від значення величини первинного повітряного потоку. Отримана методика є першим етапом синтезу закону регулювання електромеханічної системи ВЕУ з аеродинамічним мультиплікуванням.

Список використаної літератури

1. Андриенко П.Д., Метельский В.П., Немудрый И.Ю., Никонова А.А. Повышение эффективности ветроэлектрической установки ТГ-750 // Вісник Севастопольського національного технічного університету. Серія Механіка, енергетика, екологія: збірник наукових праць. – Севастополь. – 2011. – Випуск 119. – С. 109–111.
2. Миргород В.Ф. Управление ветроэнергетической установкой большой мощности по запасам аэродинамической устойчивости // Вестник двигателестроения. – 2009. – № 3. – С. 67–70.
3. Гвоздева И.М., Миргород В.Ф., Глазьева О.В. Моделирование динамики ветроэнергетической установки большой мощности // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – № 1. – 2010. – С 53–57.
4. Гвоздева И.М., Миргород В.Ф., Деренг Е.В. Преобразование математической модели динамики ветроэнергетической установки к нормальной форме // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – № 3(19). – 2012. – С. 466–458.
5. Алексеевский Д.Г., Бутова А.А., Буров А.Н., Кулаков С.А. Определение коэффициента преобразования мощности электромеханической системы ВЭУ с аэродинамическим мультиплицированием // Вісник Чернігівського національного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – Чернігів: Чернігівський національний технологічний університет. – 2014. – № 2(73). – С. 176–180.
6. Алексеевский Д.Г. Объяснение эффекта автооптимизации электромеханической системы ВЭУ с аэродинамическим мультиплицированием // Технічні науки та технології. Науковий журнал. Серія: Технічні науки. – Чернігів: Чернігівський національний технологічний університет. – 2015. – № 1(1). – С. 170–176.
7. Алексеевский Д.Г. Определение передаточной функции звена аэродинамического преобразования электромеханической системы ВЭУ с аэродинамическим мультиплицированием // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Спецвипуск: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. – Харків: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – 2015. – № 12(1121). – С. 168–172.
8. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. Перевод с английского Копылова Б.И. – Москва: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.

9. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. Книга 1. Ветроэлектрогенераторы – Учебник. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет «Харківський авіаційний інститут». – Севастополь: Севастопольский национальный технический университет, 2003. – 400 с.
10. Филлипс Ч., Харбрр Р. Системы управления с обратной связью. Перевод с английского Копылова Б.И. – Москва: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 616 с.
11. Ивановский Р.И., Нестеров А.В. Синтез многомерных систем управления. Проблема устойчивости // Третья Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2005). – 2005. – Том. 2. – С. 62–66.

References

1. Andriienko P.D., Metelskii V.P., Nemudrii I.Yu. Improving the efficiency of wind power plant TG-750. // Visnyk Sevastopolskoho Nacionalnoho tekhnichnoho universytetu. Seriiia Mechanika, enerhetika, ekolohiia: zbirnyk naukovych prats – Sevastopol, – 2011. – Vypusk 119. – P. 109–111. (Rus.).
2. Mirhorod V.F. The wind power plant control of high power reserves aerodynamic stability // Vestnik dvihatelestroienia. – 2009. – № 3. – P. 67–70. (Rus.).
3. Hvozdeva I.M., Mirhorod V.F., Hlaziieva O.V. Modeling the dynamics of a large power wind power plant // Elektrotekhnichni ta kompiuterni systemy. – № 1. – 2010. – P. 53–57. (Rus.).
4. Hvozdeva I.M., Mirhorod V.F., Derenh E.V. The mathematical model dynamics transformation of the wind power plant to normal form // Elektrotekhnichni ta kompiuterni systemy. – № 3(19). – 2012. – P. 466–458. (Rus.).
5. Alekseevskii D.G., Burova A.A., Burov A.N., Kulakov S.A. Determination of wind power plant power conversion efficiency of the electromechanical system with aerodynamic multiplication // Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriiia: Tekhnichni nauky. – Chernihiv: Chernihivskii derzhavnyi tekhnolohichni universytet, – 2014. – № 2(73). – С. 176–180. (Rus.).
6. Alekseevskii D.G. Explanation of the autooptimization effect of electromechanical systems wind power plant with aerodynamic multiplication // Tekhnichni nauky ta tekhnolohii. Naukovyi zhurnal. Seriiia: Tekhnichni nauky. – Chernihiv: Chernihivskii derzhavnyi tekhnolohichni universytet. – 2015. – № 1(1). – P. 170–176.
7. Alekseevskii D.G. Determination of the aerodynamic conversion transfer function unit of electromechanical system for wind power plant with aerodynamic multiplication // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichniy instytut». Spetsvypusk: Problemy avtomatizirovannoho elektroprivoda. Teoriia i praktika. – Kharkov.: Natsionalnyi tekhnichniy universytet «Kharkivskiy politekhnichniy instytut», – 2015. – № 12(1121). – P. 168–172. (Rus.).
8. Dorf R., Bishop R. Modern control systems. Perevod s anhliiskoho Kopylova B.I. – Moskva: Laboratoriia Bazovykh Znanii, 2002. – 832 p. (Rus.).
9. Krivtsov V.S., Oleinikov A.M., Yakovlev A.I. Inexhaustible energy. Book 1. Wind power generators – Uchebnik. – Kharkov: Natsionalnyi aerokosmicheskii universitet «Kharkovskii aviatsionnyi institut», Sevastopol: Sevastopolskii natsionalnyi tekhnicheskii universitet, 2003. – 400 p.
10. Fillips Ch., Kharbr R. Control systems with feedback. Perevod s anhliiskoho Kopylova B.I. – Moskva: Laboratoriia Bazovykh Znanii, 2001. – 616 p.
11. Ivanovskii R.I., Nesterov A.V. Synthesis of multidimensional control systems. The problem of stability // Tretia Mezhdunarodnaia konferentsiia po miahkim vychisleniiam i izmereniiam (SCM'2005). – 2005. – Tom 2. – P. 62–66.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОЙ МАТРИЦЫ ЗВЕНА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВЭУ С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ МУЛЬТИПЛИЦИРОВАНИЕМ

АНДРИЕНКО П.Д.⁽¹⁾, АЛЕКСЕЕВСКИЙ Д.Г.⁽²⁾, ПАНКОВА О.О.⁽²⁾

(1) Запорозький національний технічний університет,

(2) Запорозька державна інженерна академія

Цель. Определение передаточной матрицы звена аэромеханического преобразования электромеханической системы ВЭУ с аэродинамическим мультиплицированием.

Методика. В процессе разработки методики определения передаточной матрицы была проведена процедура линеаризации исходной нелинейной модели звена аэродинамического преобразования. Использован математический аппарат решения систем трансцендентных уравнений. В основе методики лежит обобщенная модель звена аэродинамического преобразования электромеханической системы ветроэнергетической установки с аэродинамическим мультиплицированием.

Результаты. Разработана методика определения передаточной матрицы звена аэродинамического преобразования для ВЭУ с аэродинамическим мультиплицированием. Разработана методика для расчетов параметров передаточной матрицы.

Научная новизна. Методика определения передаточной матрицы звена аэродинамического преобразования электромеханической системы ВЭУ с аэродинамическим мультиплицированием на основе обобщенной модели этой системы предложена впервые.

Практическая значимость. Данная методика может быть использована как составляющая в процедуре синтеза оптимальных регуляторов для электромеханической системы ВЭУ с аэродинамическим мультиплицированием.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, ветротурбина, математическая модель, передаточная функция системы, аэродинамическое мультиплицирование.

DETERMINATION OF THE AERODYNAMIC CONVERSION UNIT TRANSFER MATRIX OF ELECTROMECHANICAL SYSTEM FOR WIND POWER PLANT WITH AERODYNAMIC MULTIPLICATION

ANDRIIENKO P.D.⁽¹⁾, ALEKSEEVSKII D.G.⁽²⁾, PANKOVA O.J.⁽²⁾

(1) Zaporozhe National Technical University,

(2) Zaporozhe State Engineering Academy

Purpose. Determination of the transfer matrix aeromechanical conversion link of electromechanical wind power system with aerodynamic multiplication.

Methodology. During the methods for determining the transfer matrix development, the original nonlinear model aerodynamic conversion link was to carry out linearization. Also used mathematical apparatus solutions of transcendental equations. The method is based on the aerodynamic conversion link generalized model of electromechanical system of wind power plant with aerodynamic multiplication.

Findings. The method for determining aerodynamic conversion link transfer matrix of wind power system with aerodynamic multiplication developed. The method for calculating the transfer matrix parameters.

Originality. Methods of determining the aerodynamic conversion level transfer matrix of wind power system with aerodynamic multiplication based on a generalized model of this system is first proposed.

Practical value. This method can be used as a component in the optimal controls synthesis process for electromechanical systems of wind power plant with aerodynamic multiplication.

Key words: wind power plant, wind turbine, mathematical model, transfer matrix, aerodynamic multiplication.

UDK 539.371

KULIK T.I., ZLOTENKO B.M.

Kyiv National University of Technologies and Design

CALCULATION OF STRESS AT BENDING OF A BEAM OF POLYMERIC MATERIAL

Purpose. The purpose of research is to obtain a mathematical model that describes the dependence of stress and strain at bending whole and hollow polymeric beams of round and rectangular cross section.

Methodology. Research methodology is based on the analysis of the bending of a beam from polymeric material stress distribution is determined along the height of its cross section.

Findings. Expressions for calculation of whole and hollow beams of polymeric material for durability are obtained.

Originality. The mathematical model of bend of polymer beams with non-linear relationship between the strain and the stress.

Practical value. The results can be used in the design of structural elements of machines and appliances, building constructions, products of light industry.

Keywords: strength, deformation, bending, polymeric beam.

Introduction. Polymeric materials are widely used in various fields of industrial production for manufacturing machine parts, structural elements of buildings, light industrial products [1-4]. Therefore strength and stiffness of such products with the peculiarities of their behavior under operational loads become very important. It is found previously that the physical and mechanical properties of polymer materials do not provide dependency between the strains and stresses according to the Hooke's law. The authors of [5] use the power dependence, which can be put in the basis for calculating the strength and deformability of details from polymeric materials.

Problem definition. In the work [5] the expression is obtained to determine the stress in the beam from a polymeric material during its bending:

$$\sigma = \frac{Mz^{\frac{1}{m}}}{I_m}, \quad (1)$$

where σ – stress; M – bending moment; z – vertical coordinate.

$$I_m = \int_A z^{\frac{1}{m}+1} dA. \quad (2)$$

For beams of rectangular cross sections the value of I_m is determined as:

$$I_m = \frac{2b}{\frac{1}{m}+2} \left(\frac{h}{2} \right)^{\frac{1}{m}+2}. \quad (3)$$

It is important to determine stresses and deformations in bending whole and hollow beams of circular and rectangular cross section from polymeric materials.

Results of a research. For the cantilever beam with the applied force to its free end (Fig. 1) the bending moment is defined as:

$$M = P(l - x). \quad (4)$$

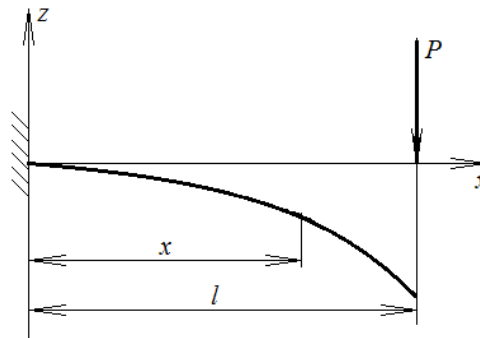


Fig. 1. Scheme of a loaded cantilevered beam from a polymeric material

The largest bending moment will be:

$$M = Pl. \quad (5)$$

Substituting (3) and (4) into (1) we get:

$$\sigma = \frac{Pl \cdot \left(\frac{1}{m} + 2 \right)}{2 \cdot b \cdot \left(\frac{h}{2} \right)^2}. \quad (6)$$

The estimated the height of beam's cross-section:

$$h = 2 \sqrt{\frac{Pl \cdot \left(\frac{1}{m} + 2 \right)}{2 \cdot b \cdot [\sigma]}}. \quad (7)$$

Taking into account the allowable value of stresses the dependence of the height of beam's cross-section from its length can be calculated to ensure even strength along longitudinal coordinate:

$$h = 2 \sqrt{\frac{P(l-x) \left(\frac{1}{m} + 2 \right)}{2 \cdot b \cdot [\sigma]}}. \quad (8)$$

Fig. 2 shows graphic dependencies calculated by the expressions (1) and (3) for beams of square cross-section with a side measured 6 mm.

Fig. 3 shows the dependence of the height of cross-section for a beam with width measured 6 mm from the longitudinal coordinate, calculated using the expression (8).

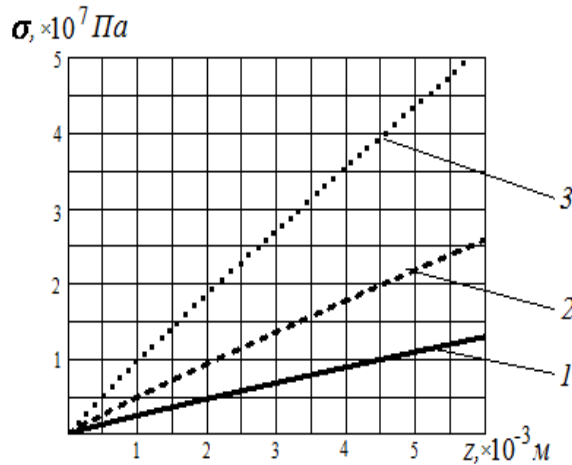


Fig. 2. Dependence of the stress on the vertical coordinate for square beam cross section: 1 – $M = 0.25 \text{ N}\cdot\text{m}$; 2 – $M = 0.5 \text{ N}\cdot\text{m}$; 3 – $M = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$

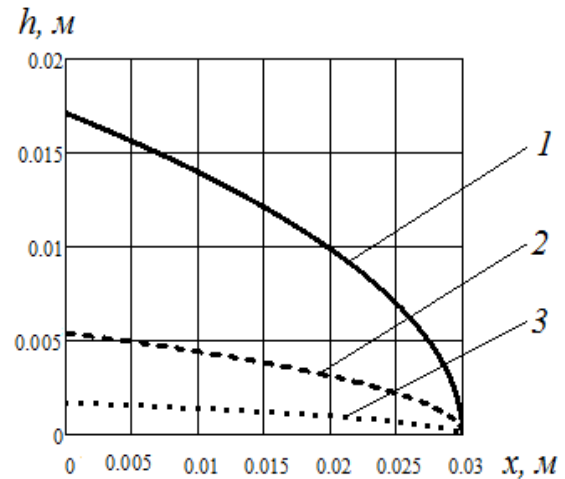


Fig. 3. Dependence of cross-section height for a cantilevered beam from the longitudinal coordinate: 1 – $[\sigma] = 10^5 \text{ Pa}$; 2 – $[\sigma] = 10^6 \text{ Pa}$; 3 – $[\sigma] = 10^7 \text{ Pa}$

For hollow beams of rectangular cross-sections it is obtained [5]:

$$I_m = \frac{2m}{1+2m} \left[B \left(\frac{H}{2} \right)^{\frac{1}{m}+2} - b \left(\frac{h}{2} \right)^{\frac{1}{m}+2} \right]. \quad (9)$$

Substituting (9) and (5) into (1) for hollow beams we get:

$$\sigma = \frac{Pl \cdot (1+2m)}{2bm \left(\frac{h}{2} \right)^2 \left[\frac{B \left(\frac{H}{2} \right)^{\frac{1}{m}+2}}{b \left(\frac{h}{2} \right)^{\frac{1}{m}+2}} - 1 \right]}. \quad (10)$$

From (10) the estimated height of the beam will be:

$$h = 2 \sqrt{\frac{Pl \cdot (1+2m)}{2 \cdot b \cdot m \cdot [\sigma] \cdot \left[\frac{B \left(\frac{H}{2} \right)^{\frac{1}{m}+2}}{b \left(\frac{h}{2} \right)^{\frac{1}{m}+2}} - 1 \right]}}. \quad (11)$$

For a beam of circular cross-section Fig. 4 we get:

$$I_m = \int_A z^{\frac{1}{m}+1} dA = 2 \int_0^r z^{\frac{1}{m}+1} y dz = 2 \int_0^r z^{\frac{1}{m}+1} \sqrt{r^2 - z^2} dz. \quad (12)$$

Let us introduce substitution:

$$x = r^2 - z^2; \quad (13)$$

$$dx = -2z dz; \quad (14)$$

$$dz = -\frac{dx}{2z} = -\frac{dx}{2x^{\frac{1}{2}}}. \quad (15)$$

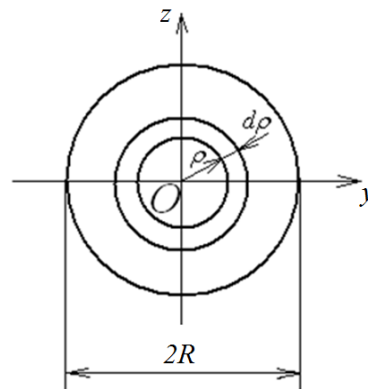


Fig. 4. Scheme of the beam's circular cross-section

Then:

$$I_m = -2 \int_{r^2}^0 x^{\frac{1}{m}+1} \frac{1}{x^2} \frac{dx}{2x^{\frac{1}{2}}} = - \int_{r^2}^0 x^{\frac{1}{m}+1} dx = - \frac{1}{\frac{1}{m}+3} x^{\frac{1}{m}+3} \bigg|_{r^2}^0 = \frac{2}{\frac{1}{m}+3} r^{\frac{1}{m}+3} \quad (16)$$

For hollow beams we get:

$$I_m = I_m(R) - I_m(r) = \frac{2}{\frac{1}{m}+3} \left(R^{\frac{1}{m}+3} - r^{\frac{1}{m}+3} \right). \quad (17)$$

where $I_m(R)$ and $I_m(r)$ – the values determined for beams with radii R and r respectively.

Substituting (16) in (1), for the maximum stress we obtain:

$$\sigma = \frac{Pl \cdot \left(\frac{1}{m} + 3 \right)}{2 \cdot r^3}. \quad (18)$$

From (18) the estimated radius of the beam will be:

$$r = \sqrt[3]{\frac{Pl \cdot \left(\frac{1}{m} + 3 \right)}{2 \cdot [\sigma]}}. \quad (19)$$

Substituting (17) into (1), we get:

$$\sigma = \frac{Pl \cdot \left(\frac{1}{m} + 3 \right)}{2 \cdot R^3 \cdot \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^{\frac{1}{m}+3} \right)}. \quad (20)$$

From (20) the estimated radius of the hollow beam will be:

$$R = \sqrt[3]{\frac{Pl \cdot \left(\frac{1}{m} + 3\right)}{2 \cdot [\sigma] \cdot \left(1 - f^{\frac{1}{m} + 3}\right)}}, \quad (21)$$

where $f = \frac{r}{R}$ – the given ratio.

Conclusions. On the basis of a nonlinear relationship between the stress and the strain derived expressions calculation of durability of beams from polymeric material. Obtained formulae can be used in the process of design of structural elements of machines and appliances, building constructions and products of light industry.

References

1. Samuel, O.D, Agbo, S. and Adekanye, T.A. (2012). Assessing mechanical properties of natural fibre reinforced composites for engineering applications. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 11(08), pp.780-784.
2. Ahmed, M.S. and Mohammad, F.A. (2014). Theoretical modal analysis of freely and simply supported RC slabs. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8 (12), pp.2064-2068.
3. Alavudeen, A., Rajini, N., Karthikeyan, S., Thiruchitrambalam, M. and Venkateshwareen, N. (2015). Mechanical properties of banana/kenaf fiber-reinforced hybrid polyester composites: Effect of woven fabric and random orientation. *Materials & Design (1980-2015)*, 66, pp.246-257.
4. Arao, Y., Fujiura, T., Itani, S. and Tanaka, T. (2015). Strength improvement in injection-molded jute-fiber-reinforced polylactide green-composites. *Composites Part B: Engineering*, 68, pp.200-206.
5. Kulik, T.I., Burmistenkov, O.P. and Zlotenko, B.M. (2015). Strength and deformation of polymer pieces at the light industry. *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi*, 2, pp.62-68.

РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНЬ ПРИ ЗГИНІ БАЛОК ІЗ ПОЛІМЕРНОГО МАТЕРІАЛУ

КУЛІК Т.І., ЗЛОТЕНКО Б.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Отримати математичну модель, що описує залежність напружень та деформацій при згині суцільних та порожнистих балок із полімерних матеріалів круглого та прямокутного поперечного перерізу.

Методика. У роботі використано аналітичні методи досліджень. На основі аналізу згину балки із полімерного матеріалу визначено розподіл напружень по висоті її поперечного перерізу.

Результати. Отримані вирази для розрахунку суцільних та порожнистих балок із полімерного матеріалу на міцність.

Наукова новизна. Розроблено математичну модель згину полімерної балки з нелінійним характером залежності між деформаціями та напруженнями.

Практична значимість. Результати можуть бути використані під час проектування конструктивних елементів машин та приладів, будівельних конструкцій, виробів легкої промисловості.

Ключові слова: міцність, деформація, згин, полімерна балка.

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ИЗГИБЕ БАЛОК С ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

КУЛИК Т.И., ЗЛОТЕНКО Б.Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Получить математическую модель, описывающую зависимость напряжений и деформаций при изгибе сплошных и полых балок из полимерных материалов круглого и прямоугольного поперечного сечения.

Методика. В работе использованы аналитические методы исследований. На основе анализа изгиба балки из полимерного материала определено распределение напряжений по высоте ее поперечного сечения.

Результаты. Получены выражения для расчета сплошных и полых балок из полимерного материала на прочность.

Научная новизна. Разработана математическая модель изгиба полимерной балки с нелинейным характером зависимости между деформациями и напряжениями.

Практическая значимость. Результаты могут быть использованы при проектировании конструктивных элементов машин и приборов, строительных конструкций, изделий легкой промышленности.

Ключевые слова: прочность, деформация, изгиб, полимерная балка.

УДК 621.313.14

СТАЦЕНКО Д.В., КРУК Т.А.

Київський національний університет технологій та дизайну

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
УНІВЕРСАЛЬНОГО КОЛЕКТОРНОГО
ЕЛЕКТРОДВИГУНА КУХОНОГО КОМБАЙНУ**

Мета. Удосконалення системи керування універсального колекторного електродвигуна за допомогою схеми зворотного зв'язку з використанням мікроконтролера та датчика швидкості для регулювання швидкості двигуна.

Методика. Використано метод комп'ютерного моделювання за допомогою програмних продуктів MATLAB (Simulink) та Proteus, програматора Arduino.

Результати. Удосконалена система керування за наведеною структурною схемою, яка забезпечує покращення сучасних функцій керування електродвигуном для безпечної і безшумної роботи. Отримані результати підтверджені комп'ютерною імітаційною моделлю та випробувані на експериментальному стенді.

Наукова новизна. Встановлені залежності параметрів процесу керування універсальним колекторним електродвигуном від формування керуваних сигналів з використанням сучасного мікроконтролера Arduino.

Практична значимість. Розроблено та створено стенд для дослідження удосконаленої системи керування універсального колекторного електродвигуна кухонного комбайну, який може бути використано для діагностики та ремонту електропобутової техніки.

Ключові слова: універсальний колекторний електродвигун, імітаційна модель, мікроконтролер, Arduino .

Вступ. Сучасне побутове обладнання висуває ряд вимог до електроприводу, серед яких найбільш важливими є великий обертальний момент та можливість зміни регулювання швидкості обертання робочих органів. Забезпечити виконання цих вимог можливо за рахунок використання керованого електроприводу на базі універсально колекторного двигуна (УКД) [1-3].

Поширення УКД пояснюється їх цінними якостями: високими пусковим, гальмівним та перевантажувальним моментами, порівняно високим швидкодією, що важливо при реверсуванні і гальмуванні, можливістю широкого і плавного регулювання частоти обертання [4,5]. При цьому сучасне побутове обладнання висуває ряд вимог до електропривода, серед яких найбільш важливими є великий обертальний момент та можливість зміни регулювання швидкості обертання робочих органів [5].

Один з методів регулювання швидкості УКД полягає у використанні системи керування електродвигуна на базі мікроконтролерів [6,7] з можливістю написання спеціалізованих програм. Такі програми реалізують використання сучасних функцій керування електродвигуном для безпечної і безшумної роботи.

Постановка завдання. Метою даної роботи є удосконалення системи керування універсального колекторного електродвигуна кухонного комбайну за рахунок використання кола зворотного зв'язку, в яке входить датчик швидкості, та мікроконтролера, програма якого забезпечує регулювання швидкості УКД.

Результати дослідження. На (рис. 1) показана запропонована структурна схема системи керування УКД до складу якої входять: персональний комп'ютер, контролер Arduino Nano, оптрон, сімістор, УКД та датчик швидкості (ДШ).

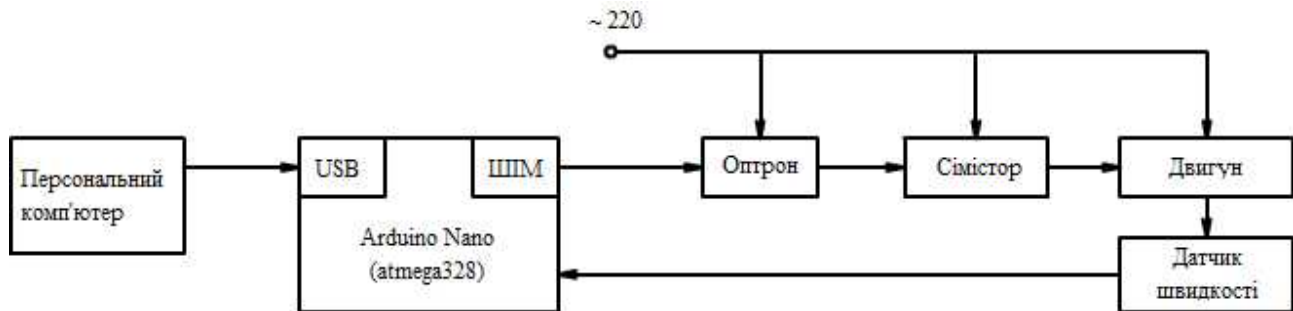


Рис. 1. Система керування УКД

На (рис. 2) показана електрична принципова схема системи керування УКД.

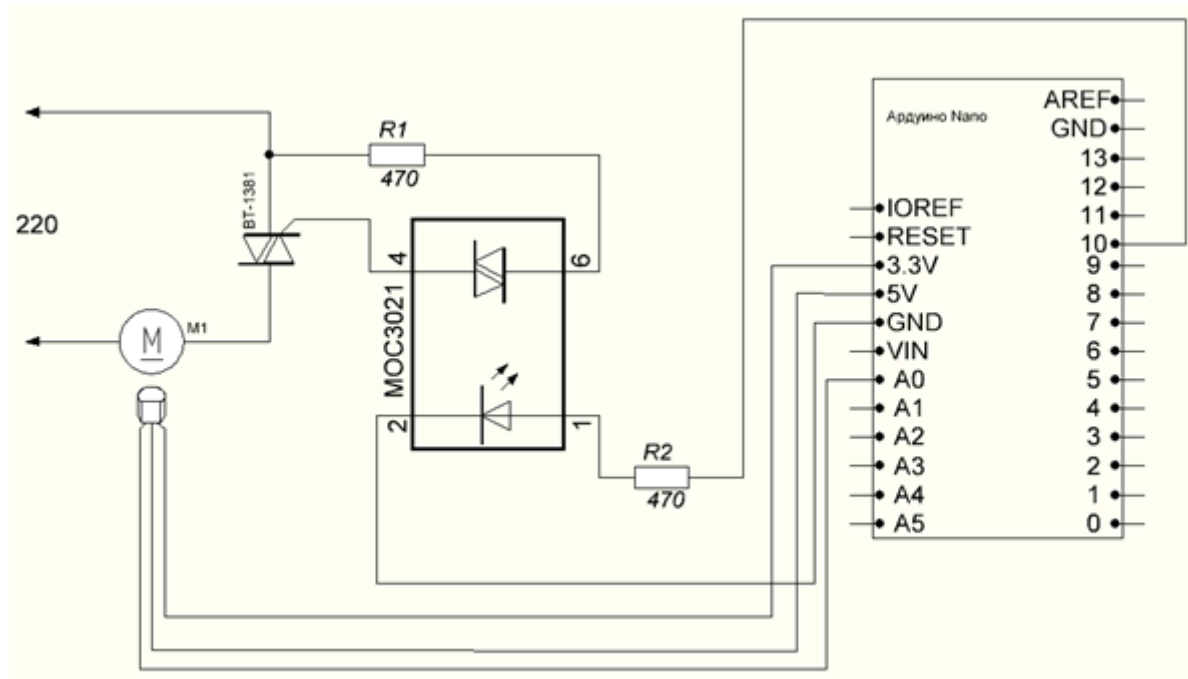


Рис. 2. Електрична принципова схема

На схемі представлено: живлення від мережі 220В, оптрон MOC3021, два резистори номіналом 470 Ом, симистор BT138-V, датчик Холла SS49E для зчитування обертів двигуна та мікроконтролер Arduino МК.

Система містить коло зворотного зв'язку: контролю швидкості. В коло контролю швидкості входить двигун, датчик швидкості, пристрій керування. У випадку зміни швидкості обертання валу двигуна, наприклад, через зміну моменту навантаження, відбувається зміна сигналу ДШ, який надходить на вхід ПК. Пристрій керування порівнює сигнал датчика із заданим значенням і в залежності від результатів порівняння змінює скважність імпульсів. В результаті швидкість обертання буде змінюватись до тих пір поки сигнал датчика не стане дорівнювати заданому значенню. Система керування, що запропонована, забезпечує виконання вимог, що висуваються до сучасного

побутового обладнання. Вона має ряд переваг, а саме, просту структуру, може бути реалізована за допомогою обладнання яке серійно випускається, забезпечує можливість роботи двигуна при зміні моменту навантаження у широких межах. Система має ряд переваг, а саме, просту структуру, може бути реалізована за допомогою обладнання, яке серійно випускається.

У відповідності до алгоритму, записаному у програмі, що зберігається у МК, відбувається подача керуючого сигналу через виводи D10 та GND на вхід оптрона МОС3021. Оптрон складається з світлодіоду та фоторезистора, він передає імпульсний сигнал на світлодіод з заданою частотою включення відповідно до чого фоторезистор реагує з відповідною частотою, та передає сигнал далі. Сигнал з оптрону потрапляє на сімістор для подальшого керування УКД.

При зміні моменту навантаження на валу двигуна відбувається зміна сигналу датчика швидкості (датчик Холла S49SS), який надходить на вхід A0 пристрою керування (Arduino).

Така система забезпечує можливість підтримування заданої швидкості обертання валу двигуна. У випадку зміни моменту навантаження на валу двигуна відбувається зміна сигналу ДШ, який надходить на вхід ПК. Пристрій керування порівнює сигнал датчика із заданим значенням і в залежності від результатів порівняння змінює шпаруватість імпульсів керування інвертором, що призводить до зміни напруги на якорі двигуна. В результаті швидкість обертання буде змінюватись до тих пір доки сигнал датчика не стане дорівнювати заданому значенню. В коло якоря, додано датчик струму, який буде виконувати захист двигуна.

Програмування мікроконтролера Arduino Nano (рис. 3), розглянутого в даній статті, відбувається через програму для ПК або телефону, підключеної плати через кабель USB, це спрощує її використання оскільки не потрібно перепрограмовувати через програматор. Плюсом при написанні програми для плати є те, що платформа відкрита і мова програмування яка використовується базується на C/C++, але дещо простіша для початківців і має назву Wiring.

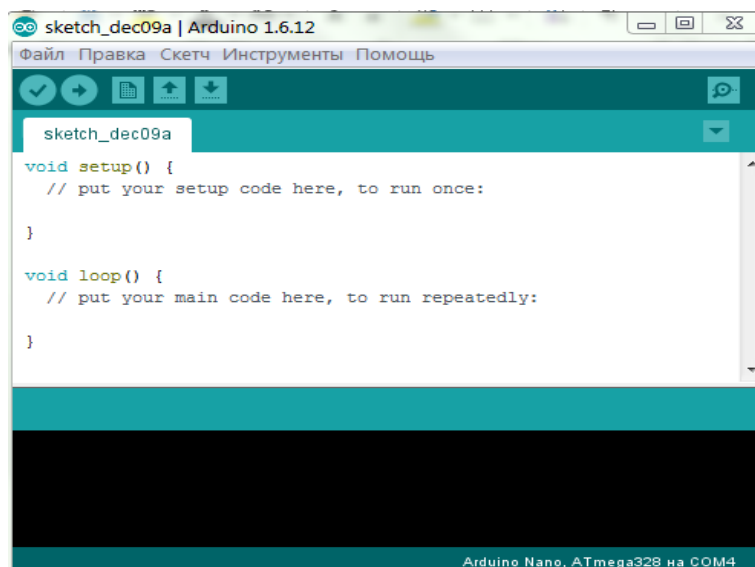


Рис. 3. Вікно середовища програмування

З метою аналізу запропонованої системи керування універсального колекторного двигуна проведені розрахунки перехідних процесів та побудована крива розгону, представлена на (рис. 4).

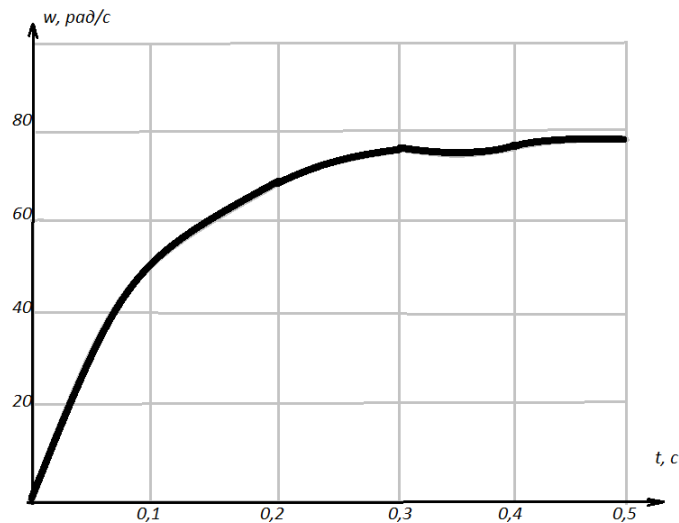


Рис. 4. Крива перехідних процесів

З метою перевірки роботи запропонованої схеми керування УКД на базі використання мікроконтролера Arduino Nano, було розроблено тестовий стенд та імітаційна модель роботи даної схеми. Імітаційна модель створена і перевірена у програмному забезпеченні MatLab (Simulink), Proteus. Електрична принципова схема зображена на рис. 2 була повністю реалізовано з відповідним програмним забезпеченням написаним у програматорі Arduino, також представлені осцилограми сигналів сімістора та датчика швидкості рис. 5.

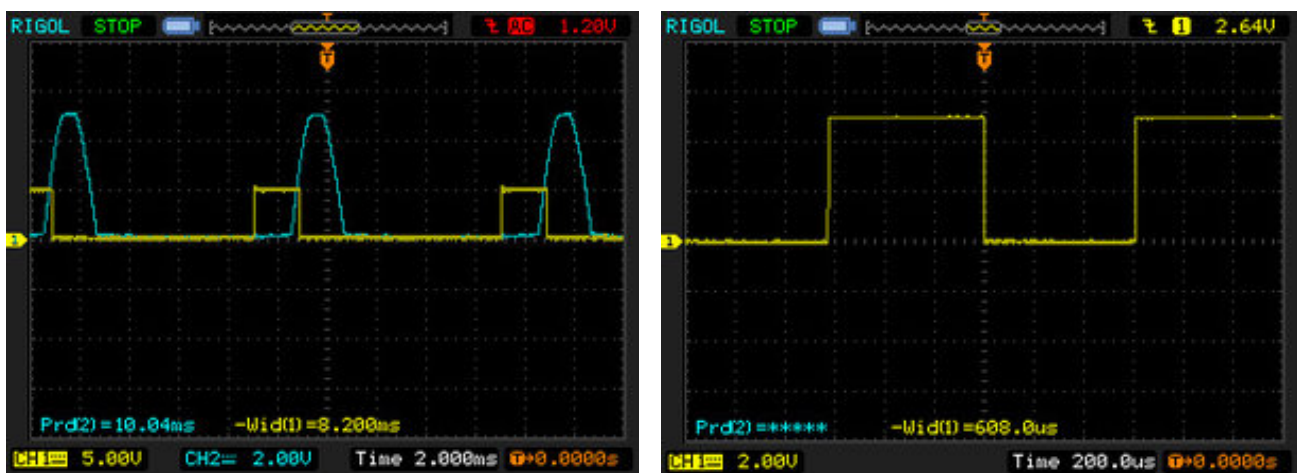


Рис. 5. Осцилограми сигналів керування

Висновки. Система керування за такою структурою забезпечує виконання умов, що висуваються до сучасного побутового обладнання. Вона має ряд переваг, а саме, просту структуру, може бути реалізована за допомогою обладнання яке серійно випускається. Використання мікроконтролерів Arduino та їх легке програмування надає

змогу використання сучасних функцій керування електродвигуном для безпечної і безшумної роботи двигуна.

Список використаної літератури:

1. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. М.: Высшая школа, 2002. 255 с.
2. Попович М.Г., Лазинський О.Ю. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. К.: Либідь, 2005. 780 с.
3. Леонов Б.С. Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных установках. М.: ИК "Ягорба" – "Биоинформсервис", 1998. 180 с.
4. Мокін Б. І., Мокін В. Б. Математичні методи ідентифікації електромеханічних процесів. Частина І. Ідентифікація електромеханічних процесів в лінійних детермінованих системах з зосередженими параметрами: навч. посіб. – Вінниця : «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 1998. 153 с. – ISBN 966-7199-30-4.
5. Мокін Б. І., Мокін В. Б. Оптимізація електроприводів : навч. посіб. – Вінниця : «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2004. 250 с. – ISBN 966- 641-074-5.
6. Варламов И.В., Касаткин И.Л. Микропроцессоры в бытовой технике. – М.: Радио и связь, 1987. 80 с.
7. Брей Б. Применение микроконтроллеров PIC18. Архитектура, программирование, построение интерфейсов с применением C и ассемблера: Пер. с. Англ. – К. : «МК-Пресс», СПб.: «КОРОНА-БЕК», 2008. 576 с.

References

1. Aliev I.I. (2002). Spravochnik po elektrotehnike i elektrooborudovaniyu. [Guide to electrical and electrical equipment]. M: Vysshaya shkola [in Russian].
2. Popovich M.G. (2005) Elektromehanichni sistemi avtomatichnogo keruvannya ta elektroprivodi. [Electromechanical automatic control systems and electric drives]. K: Libid [in Ukrainian].
3. Leonov B.S. (1988) Energoberezhenie i reguliruemyy elektropriwod v nasosnih ustanovkah. [Energy saving and regulated electric drive in pump installations]. M: IK "Yagorba" – "Bioinformservis" [in Russian].
4. MokIn B. I. (1998) Matematichni metodi Identifikatsiyi elektromehanichnih protsesiv. Chastina I. Identifikatsiya elektromehanichnih protsesiv v liniynih determinovanih sistemah z zoseredzhenimi parametrami: navch. posib. [Mathematical methods identification of electromechanical processes. Part I. Identification of electromechanical processes in linear deterministic systems with lumped parameters: teach. guidances.] Vinnitsya : «UNIVERSUM-Vinnitsya» [in Ukrainian].
5. MokIn B. I. (2004) Optimizatsiya elektroprivodiv : navch. posib. [Electric drives optimization: Textbook]. Vinnitsya : «UNIVERSUM-Vinnitsya» [in Ukrainian].
6. Varlamov I.V. (1987) Mikroprotsessoryi v bytovoy tehnikе [Microprocessors in household appliances] M.: Radio i svyaz [in Russian].
7. Brey B. (2008) Primenenie mikrokontrollerov PIC18. Arhitektura, programmirovaniye, postroyeniye interfeysov s primeneniym C i assemblera [Applying PIC18

Microcontrollers: Architecture, Programming, and Interfacing using C and Assembly] Per. s. Angl.
– К. : «МК-Press», SPb.: «KORONA-VEK» [in Russian].

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ КУХОННОГО КОМБАЙНА СТАЦЕНКО Д.В., КРУК Т.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Усовершенствование управления универсального коллекторного электродвигателя с помощью схемы обратной связи с использованием микроконтроллера и датчика скорости для регулирования скорости двигателя.

Методика. Использован метод компьютерного моделирования с помощью программных продуктов MATLAB (Simulink) и Proteus, программатора Arduino.

Результаты. Усовершенствована система управления по приведенной структурной схеме, которая обеспечивает улучшение современных функций управления электродвигателем для безопасной и бесшумной работы. Полученные результаты подтверждены компьютерной имитационной моделью и испытаны на экспериментальном стенде.

Научная новизна. Установлены зависимости параметров процесса управления универсальным коллекторным электродвигателем от формирования управляющих сигналов с использованием современного микроконтроллера Arduino.

Практическая значимость. Разработан и создан стенд для исследования усовершенствованной системы управления универсального коллекторного электродвигателя кухонного комбайна, который может быть использован для диагностики и ремонта электробытовой техники.

Ключевые слова: универсальный коллекторный электродвигатель, имитационная модель, микроконтроллер, Arduino.

IMPROVEMENT OF UNIVERSAL MOTOR CONTROL SYSTEM FOR FOOD PROCESSOR

STATSENKO D.V., KRUK T.A.

Kyiv national university of technologies and design

Purpose. Improvement of the universal motor control system for motor speed control using a feedback circuit with speed sensor and a microcontroller.

Methodology. Computer simulation method using MATLAB (Simulink), Proteus, Arduino software were used.

Findings. Improved control system for shown block diagram, which provides improved advanced motor control functions for a safe and quiet operation. These results were confirmed by a computer simulation model and tested on experimental stand.

Originality. The dependences of the universal motor control process parameters of generating control signals using modern microcontroller Arduino were found.

Practice value. Research stand for improved control system of universal motor food processor were designed and developed, which can be used to diagnose and repair electrical appliances.

Keywords: Universal motor, simulation model, microcontroller, the Arduino.

УДК 677.055

ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Є.О.

Київський національний університет технологій та дизайну

**ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ ТОВАРОПРИЙОМНОГО
МЕХАНІЗМУ, ЗУМОВЛЕНІ ГАЛЬМУВАННЯМ
КРУГЛОВ'ЯЗальної МАШИНИ**

Мета. Розробка методу дослідження динаміки гальмування товароприйомного механізму круглов'язальної машини.

Методика. Використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії динаміки механічних систем з пружними в'язями.

Результати. Розроблено метод дослідження динаміки гальмування товароприйомного механізму круглов'язальної машини, що дозволяє оцінити його динамічні навантаження, зумовлені гальмуванням. В результаті виконаних досліджень встановлено, що при гальмуванні круглов'язальної машини в її механізмах, зокрема в товароприйомному механізмі, виникають динамічні навантаження, що значно перевищують навантаження, які діють в момент її пуску, і цю обставину необхідно враховувати при проектуванні круглов'язальних машин. На основі теоретичних досліджень розроблено інженерний метод знаходження максимальних динамічних навантажень, що виникають в товароприйомному механізмі під час гальмування круглов'язальної машини.

Наукова новизна. Розроблено метод дослідження динаміки гальмування товароприйомного механізму круглов'язальної машини.

Практична значимість. Розроблено алгоритм та інженерний метод знаходження максимальних динамічних навантажень, що виникають в товароприйомному механізмі під час гальмування круглов'язальної машини.

Ключові слова: круглов'язальна машина, товароприйомний механізм, динаміка товароприйомного механізму, гальмування круглов'язальної машини, динамічні навантаження, зумовлені гальмуванням.

Вступ. Недоліком відомих досліджень динаміки товароприйомних механізмів круглов'язальних машин є відсутність або недосконалість досліджень процесу їх гальмування [1-3], що знижує ефективність їх використання. Проблема підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин за рахунок удосконалення товароприйомних механізмів може бути вирішена шляхом удосконалення методу досліджень динаміки їх гальмування та розробки нових конструкцій механізмів, що забезпечують стабільність процесу відтягнення та накатування полотна.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи товароприйомних механізмів круглов'язальних машин, завданням досліджень стала розробка методу дослідження динаміки гальмування товароприйомного механізму круглов'язальної машини та створення на його основі інженерного методу знаходження максимальних динамічних навантажень, що виникають в товароприйомному механізмі під час гальмування круглов'язальної машини.

Результати дослідження. Аналізуючи конструкції товароприйомних механізмів та приводів круглов'язальних машин [2-4], приходимо до висновку, що в якості динамічної моделі їх гальмування доцільно використовувати чотиримасову модель з розгалуженням ведених мас (рис. 1).

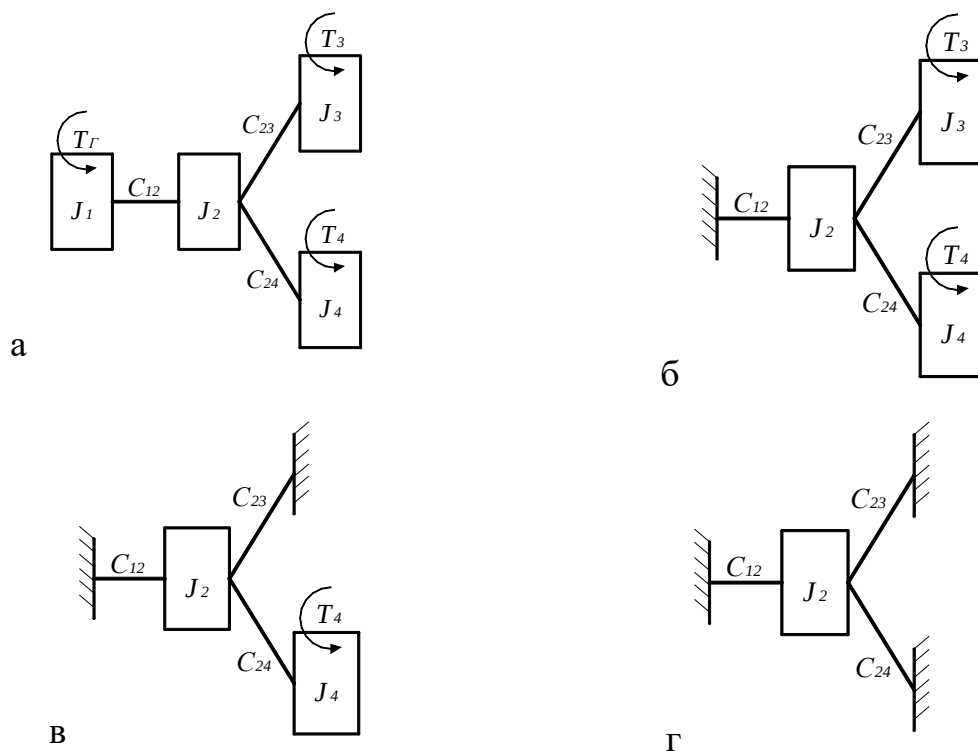


Рис. 1. Динамічна модель круглов'язальної машини типу КО:

а - перший етап гальмування; б - другий етап гальмування; в - третій етап гальмування; г - четвертий етап гальмування; T_1 - гальмовий момент, прикладений до ротора електродвигуна (тут і далі приведені значення); T_3 - момент сил опору механізму в'язання; T_4 - момент сил опору механізму товароприйому; J_1 - сумарний момент інерції ротора електродвигуна і ведучого шківів пасової передачі; J_2 - сумарний момент інерції веденого шківів пасової передачі і зубчастої передачі; J_3 - момент інерції обертових мас механізму в'язання; J_4 - момент інерції обертових мас механізму товароприйому; C_{12} - жорсткість пасів пасової передачі; C_{23} - жорсткість ділянки вертикального приводного вала, що передає рух механізму в'язання; C_{24} - жорсткість ділянки вертикального приводного вала, що передає рух механізму товароприйому

Як відомо [5], максимальні динамічні навантаження в пружних ланках і, відповідно, в механізмах виникають у початковий момент гальмування машини, тобто при першому етапі гальмування. Тому подальші дослідження динаміки гальмування круглов'язальної машини будемо розглядати для цього етапу.

Початкові умови першого етапу гальмування наступні [4, 5]: при $t=0$ $T_{(12)0}=T_3+T_4$; $\dot{T}_{(12)0}=0$; $T_{(23)0}=T_3$; $\dot{T}_{(23)0}=0$; $T_{(24)0}=T_4$; $\dot{T}_{(24)0}=0$

Рівняння руху обертальних мас круглов'язальної машини для першого етапу гальмування (рис. 1, а) мають вид:

$$J_1\ddot{\varphi}_1 = T_1 + T_{12}; J_2\ddot{\varphi}_2 = -T_{12} + T_{23} + T_{24}; J_3\ddot{\varphi}_3 = -T_{23} + T_3; J_4\ddot{\varphi}_4 = -T_{24} + T_4, \quad (1)$$

де T_{12} , T_{23} , T_{24} - моменти, що виникають при гальмуванні у відповідних пружних в'язях привода C_{12} , C_{23} , C_{24} ,

$$T_{12} = C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2); T_{23} = C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3); T_{24} = C_{24}(\varphi_2 - \varphi_4); \quad (2)$$

φ_1 , φ_2 , φ_3 , φ_4 - кути повороту відповідних мас.

Підставляючи параметри $\ddot{\phi}_1, \ddot{\phi}_2, \ddot{\phi}_3, \ddot{\phi}_4$, отримані з рівнянь (1), у вирази $\ddot{T}_{12} = C_{12}(\ddot{\phi}_1 - \ddot{\phi}_2)$, $\ddot{T}_{23} = C_{23}(\ddot{\phi}_2 - \ddot{\phi}_3)$, $\ddot{T}_{24} = C_{24}(\ddot{\phi}_2 - \ddot{\phi}_4)$, знаходимо:

$$\begin{aligned}\ddot{T}_{12} &= \frac{C_{12}}{J_1 J_2} [(J_1 + J_2)T_{12} - J_1 T_{23} - J_1 T_{24} + J_2 T_r]; \\ \ddot{T}_{23} &= \frac{C_{23}}{J_2 J_3} [-J_3 T_{12} + (J_2 + J_3)T_{23} + J_3 T_{24} - J_2 T_3]; \\ \ddot{T}_{24} &= \frac{C_{24}}{J_2 J_4} [-J_4 T_{12} + J_4 T_{23} + (J_2 + J_4)T_{24} - J_2 T_4].\end{aligned}\quad (3)$$

Рішення рівнянь (3) T_{ij} може бути представлено сумою загального рішення однорідних рівнянь Y_{ij} і частинного рішення неоднорідних рівнянь a_{ij} : $T_{ij} = Y_{ij} + a_{ij}$. (4)

Частинне рішення a_{ij} визначається, використовуючи систему рівнянь (3):

$$\begin{aligned}(J_1 + J_2)a_{12} - J_1 a_{23} - J_1 a_{24} &= -J_2 T_r; \\ -J_3 a_{12} + (J_2 + J_3)a_{23} + J_3 a_{24} &= J_2 T_3; \\ -J_4 a_{12} + J_4 a_{23} + (J_2 + J_4)a_{24} &= J_2 T_4.\end{aligned}\quad (5)$$

$$\text{Тоді [6]:} \quad a_{12} = \frac{\Delta a_{12}}{\Delta a}; \quad a_{23} = \frac{\Delta a_{23}}{\Delta a}; \quad a_{24} = \frac{\Delta a_{24}}{\Delta a}, \quad (6)$$

де

$$\Delta a = \begin{vmatrix} (J_1 + J_2) & -J_1 & -J_1 \\ -J_3 & (J_2 + J_3) & J_3 \\ -J_4 & J_4 & (J_2 + J_4) \end{vmatrix}; \quad (7)$$

$$\Delta a_{12} = \begin{vmatrix} -J_2 T_r & -J_1 & -J_1 \\ J_2 T_3 & (J_2 + J_3) & J_3 \\ J_2 T_4 & J_2 & (J_2 + J_4) \end{vmatrix}; \quad (8)$$

$$\Delta a_{23} = \begin{vmatrix} (J_1 + J_2) & -J_2 T_r & -J_1 \\ -J_3 & J_2 T_3 & J_3 \\ -J_4 & J_2 T_4 & (J_2 + J_4) \end{vmatrix}; \quad (9)$$

$$\Delta a_{24} = \begin{vmatrix} (J_1 + J_2) & -J_1 & -J_2 T_r \\ -J_3 & (J_2 + J_3) & J_2 T_3 \\ -J_4 & J_4 & J_2 T_4 \end{vmatrix}. \quad (10)$$

Частотне рівняння, що описує вільні коливання мас системи, має вид [5]:

$$\begin{aligned}\beta^6 - (C_{12} \frac{J_1 + J_2}{J_1 J_2} + C_{23} \frac{J_2 + J_3}{J_2 J_3} + C_{24} \frac{J_2 + J_4}{J_2 J_4})\beta^4 + \\ + (C_{12} C_{24} \frac{J_1 + J_2 + J_4}{J_1 J_2 J_4} + C_{12} C_{23} \frac{J_1 + J_2 + J_3}{J_1 J_2 J_3} + C_{23} C_{24} \frac{J_2 + J_3 + J_4}{J_2 J_3 J_4})\beta^2 - \\ - (C_{12} C_{23} C_{24} \frac{J_1 + J_2 + J_3 + J_4}{J_1 J_2 J_3 J_4}) = 0.\end{aligned}\quad (11)$$

Розв'язуючи рівняння (11) по методу Кардана [6], знаходимо частоти коливання мас β_1, β_2 і β_3 .

Тоді розв'язок рівнянь (3) можна представити у виді:

$$\left. \begin{aligned} T_{12} &= A_{(12)1} \cos \beta_{1t} + A_{(12)2} \cos \beta_{2t} + A_{(12)3} \cos \beta_{3t} + \\ &+ B_{(12)1} \sin \beta_{1t} + B_{(12)2} \sin \beta_{2t} + B_{(12)3} \sin \beta_{3t} + a_{12}; \\ T_{23} &= A_{(23)1} \cos \beta_{1t} + A_{(23)2} \cos \beta_{2t} + A_{(23)3} \cos \beta_{3t} + \\ &+ B_{(23)1} \sin \beta_{1t} + B_{(23)2} \sin \beta_{2t} + B_{(23)3} \sin \beta_{3t} + a_{23}; \\ T_{24} &= A_{(24)1} \cos \beta_{1t} + A_{(24)2} \cos \beta_{2t} + A_{(24)3} \cos \beta_{3t} + \\ &+ B_{(24)1} \sin \beta_{1t} + B_{(24)2} \sin \beta_{2t} + B_{(24)3} \sin \beta_{3t} + a_{24}. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Постійні інтегрування A і B знаходимо, використовуючи відомий метод [5].

При цьому для визначення постійних A при циклічній частоті β_1 на підставі рівнянь (3) складаємо систему рівнянь:

$$\left\{ \begin{aligned} -(\beta_{12}^2 + \beta_1^2) A_{(12)1} + \frac{C_{12}}{J_2} A_{(23)1} + \frac{C_{12}}{J_2} A_{(24)1} &= \frac{C_{12}}{J_1} T_{\Gamma}; \\ -\frac{C_{23}}{J_2} A_{(12)1} + (\beta_{23}^2 + \beta_1^2) A_{(23)1} + \frac{C_{23}}{J_2} A_{(24)1} &= \frac{C_{23}}{J_3} T_3; \\ -\frac{C_{24}}{J_2} A_{(12)1} + \frac{C_{24}}{J_2} A_{(23)1} + (\beta_{24}^2 + \beta_1^2) A_{(24)1} &= \frac{C_{24}}{J_4} T_4, \end{aligned} \right. \quad (13)$$

$$\text{де } \beta_{12}^2 = \frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{J_1 J_2}; \quad \beta_{23}^2 = \frac{C_{23}(J_2 + J_3)}{J_2 J_3}; \quad \beta_{24}^2 = \frac{C_{24}(J_2 + J_4)}{J_2 J_4}. \quad (14)$$

Розв'язок системи рівнянь (13) запишемо у виді:

$$A_{(12)1} = \frac{\Delta A_{(12)1}}{\Delta A_1}; \quad A_{(23)1} = \frac{\Delta A_{(23)1}}{\Delta A_1}; \quad A_{(24)1} = \frac{\Delta A_{(24)1}}{\Delta A_1}, \quad (15)$$

де

$$\Delta A_1 = \begin{vmatrix} -(\beta_{12}^2 + \beta_1^2) & \frac{C_{12}}{J_2} & \frac{C_{12}}{J_2} \\ -\frac{C_{23}}{J_2} & (\beta_{23}^2 + \beta_1^2) & \frac{C_{23}}{J_2} \\ -\frac{C_{24}}{J_2} & \frac{C_{24}}{J_2} & (\beta_{24}^2 + \beta_1^2) \end{vmatrix}; \quad (16)$$

$$\Delta A_{(12)1} = \begin{vmatrix} \frac{C_{12}}{J_1} T_{\Gamma} & \frac{C_{12}}{J_2} & \frac{C_{12}}{J_2} \\ \frac{C_{23}}{J_3} T_3 & (\beta_{23}^2 + \beta_1^2) & \frac{C_{23}}{J_2} \\ \frac{C_{24}}{J_4} T_4 & \frac{C_{24}}{J_2} & (\beta_{24}^2 + \beta_1^2) \end{vmatrix}; \quad (17)$$

$$\Delta A_{(23)1} = \begin{vmatrix} -(\beta_{12}^2 + \beta_1^2) & \frac{C_{12}}{J_1} T_{\Gamma} & \frac{C_{12}}{J_2} \\ -\frac{C_{23}}{J_2} & \frac{C_{23}}{J_3} T_3 & \frac{C_{23}}{J_2} \\ -\frac{C_{24}}{J_2} & \frac{C_{24}}{J_4} T_4 & (\beta_{24}^2 + \beta_1^2) \end{vmatrix}; \quad (18)$$

$$\Delta A_{(24)1} = \begin{vmatrix} -(\beta_{12}^2 + \beta_1^2) & \frac{C_{12}}{J_2} & \frac{C_{12}}{J_1} T_{\Gamma} \\ -\frac{C_{23}}{J_2} & (\beta_{23}^2 + \beta_1^2) & \frac{C_{23}}{J_3} T_3 \\ -\frac{C_{24}}{J_2} & \frac{C_{24}}{J_2} & \frac{C_{24}}{J_4} T_4 \end{vmatrix}. \quad (19)$$

Система рівнянь для визначення постійних B при частоті β_1 має вид [5]:

$$\begin{cases} -(\beta_{12}^2 + \beta_1^2) \beta_1 B_{(12)1} + \frac{C_{12}}{J_2} \beta_1 B_{(23)1} + \frac{C_{12}}{J_2} \beta_1 B_{(24)1} = \frac{C_{12}}{J_1} \dot{T}_{(12)0}; \\ -\frac{C_{23}}{J_2} \beta_1 B_{(12)1} + (\beta_{23}^2 + \beta_1^2) \beta_1 B_{(23)1} + \frac{C_{23}}{J_2} \beta_1 B_{(24)1} = \frac{C_{23}}{J_3} \dot{T}_{(23)0}; \\ -\frac{C_{24}}{J_2} \beta_1 B_{(12)1} + \frac{C_{24}}{J_2} \beta_1 B_{(23)1} + (\beta_{24}^2 + \beta_1^2) \beta_1 B_{(24)1} = \frac{C_{24}}{J_3} \dot{T}_{(24)0}. \end{cases} \quad (20)$$

Шляхом заміни β_1^2 у рівняннях (13), (20) на β_2^2 і β_3^2 можна одержати системи рівнянь для визначення постійних A і B при циклічних частотах відповідно β_2 і β_3 .

Використовуючи для рішення системи рівнянь (20) правило Крамера [6], одержуємо:

$$B_{(12)1} = \frac{\Delta B_{(12)1}}{\Delta B_1}; \quad B_{(23)1} = \frac{\Delta B_{(23)1}}{\Delta B_1}; \quad B_{(24)1} = \frac{\Delta B_{(24)1}}{\Delta B_1}, \quad (21)$$

де аналогічно вищеприведеному:

$$\Delta B_1 = \begin{vmatrix} -(\beta_{12}^2 + \beta_1^2) \beta_1 & \frac{C_{12}}{J_2} \beta_1 & \frac{C_{12}}{J_2} \beta_1 \\ -\frac{C_{23}}{J_2} \beta_1 & (\beta_{23}^2 + \beta_1^2) \beta_1 & \frac{C_{23}}{J_2} \beta_1 \\ -\frac{C_{24}}{J_2} \beta_1 & \frac{C_{24}}{J_2} \beta_1 & (\beta_{24}^2 + \beta_1^2) \beta_1 \end{vmatrix}; \quad (22)$$

$$\Delta B_{(12)1} = \begin{vmatrix} \frac{C_{12}}{J_1} \dot{T}_{(12)0} & \frac{C_{12}}{J_2} \beta_1 & \frac{C_{12}}{J_2} \beta_1 \\ \frac{C_{23}}{J_3} \dot{T}_{(23)0} & (\beta_{23}^2 + \beta_1^2) \beta_1 & \frac{C_{23}}{J_2} \beta_1 \\ \frac{C_{24}}{J_3} \dot{T}_{(24)0} & \frac{C_{24}}{J_2} \beta_1 & (\beta_{24}^2 + \beta_1^2) \beta_1 \end{vmatrix}; \quad (23)$$

$$\Delta B_{(23)1} = \begin{vmatrix} -(\beta_{12}^2 + \beta_1^2) \beta_1 & \frac{C_{12}}{J_1} \dot{T}_{(12)0} & \frac{C_{12}}{J_2} \beta_1 \\ -\frac{C_{23}}{J_2} \beta_1 & \frac{C_{23}}{J_3} \dot{T}_{(23)0} & \frac{C_{23}}{J_2} \beta_1 \\ -\frac{C_{24}}{J_2} \beta_1 & \frac{C_{24}}{J_3} \dot{T}_{(24)0} & (\beta_{24}^2 + \beta_1^2) \beta_1 \end{vmatrix}; \quad (24)$$

$$\Delta B_{(24)1} = \begin{vmatrix} -(\beta_{12}^2 + \beta_1^2) \beta_1 & \frac{C_{12}}{J_2} \beta_1 & \frac{C_{12}}{J_1} \dot{T}_{(12)0} \\ -\frac{C_{23}}{J_2} \beta_1 & (\beta_{23}^2 + \beta_1^2) \beta_1 & \frac{C_{23}}{J_3} \dot{T}_{(23)0} \\ -\frac{C_{24}}{J_2} \beta_1 & \frac{C_{24}}{J_2} \beta_1 & \frac{C_{24}}{J_3} \dot{T}_{(24)0} \end{vmatrix}. \quad (25)$$

Динамічні перевантаження, що виникають у лініях передач привода при гальмуванні круглов'язальної машини, визначаються з рівнянь:

$$K_{12} = \frac{T_{12 \max}}{T_3 + T_4}; K_{23} = \frac{T_{23 \max}}{T_3}; K_{24} = \frac{T_{24 \max}}{T_4}, \quad (26)$$

де K_{12}, K_{23}, K_{24} – коефіцієнти динамічних перевантажень пружних в'язів C_{12}, C_{23}, C_{24} привода і відповідних механізмів машини (коефіцієнт K_{24} – показник динамічних перевантаження деталей та вузлів товароприйомного механізму);

$T_{12 \max}, T_{23 \max}, T_{24 \max}$ – максимальні моменти, що виникають у відповідних пружних в'язях та механізмах круглов'язальної машини при гальмуванні.

Визначимо динамічні навантаження механізмів, як приклад, круглов'язальної машини КО-2 при гальмуванні, вихідними даними якої є [4, 7]: діаметр голкового циліндру 450 мм; швидкість в'язання (лінійна швидкість) 1,1 м/с; вал приведення параметрів системи – вал електродвигуна (електродвигун А 41006УЗ; $P_{\text{дв}} = 2,2$ кВт; $n_{\text{дв}} = 950$ об/хв); моменти інерції обертальних мас машини: $J_1 = 0,023$ кгм²; $J_2 = 0,015$ кгм²; $J_3 = 0,021$ кгм²; $J_4 = 0,026$ кгм²; моменти сил опору механізмів машини: $T_3 = 17,7$ Нм; $T_4 = 4,4$ Нм; момент гальма $T_{\Gamma} = 71,85$ Нм (вибраний з урахуванням умови забезпечення необхідного часу гальмування машини [4]); жорсткість пружних ланок привода: $C_{12} = 1940$ Нм/рад; $C_{23} = 3062$ Нм/рад; $C_{24} = 15310$ Нм/рад.

Використовуючи вирази (6) - (10), визначаємо частинне рішення неоднорідних рівнянь моментів сил пружності (постійні складові моментів):

$$a_{12} = -46,43 \text{ Нм}; a_{23} = -5,51 \text{ Нм}; a_{24} = -24,34 \text{ Нм}.$$

Знаходимо частоти коливання мас системи, використовуючи метод Кардана [6]. З цією метою частотне рівняння (11) приводимо до виду:

$$x^3 + bx^2 + cx + d = 0, \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \text{де} \quad x &= \beta^2; \quad b = -\left(C_{12} \frac{J_1 + J_2}{J_1 J_2} + C_{23} \frac{J_2 + J_3}{J_2 J_3} + C_{24} \frac{J_2 + J_4}{J_2 J_4}\right); \\ c &= C_{12} C_{24} \frac{J_1 + J_2 + J_4}{J_1 J_2 J_4} + C_{12} C_{23} \frac{J_1 + J_2 + J_3}{J_1 J_2 J_3} + C_{23} C_{24} \frac{J_2 + J_3 + J_4}{J_2 J_3 J_4}; \\ d &= -C_{12} C_{23} C_{24} \frac{J_1 + J_2 + J_3 + J_4}{J_1 J_2 J_3 J_4}. \end{aligned} \quad (28)$$

$$\text{Виконавши в рівнянні (27) заміну невідомого} \quad z = x + \frac{b}{3}, \quad (29)$$

$$\text{одержимо приведенне рівняння:} \quad z^3 + pz + q = 0, \quad (30)$$

$$\text{де} \quad p = \frac{3c - b^2}{3}; \quad q = \frac{2b^3}{27} - \frac{bc}{3} + d. \quad (31)$$

Корені рівняння (30) знаходимо у виді:

$$z_1 = n + \gamma; \quad z_2 = \varepsilon_1 n + \varepsilon_2 \gamma; \quad z_3 = \varepsilon_1 n - \varepsilon_2 \gamma \quad (32)$$

$$\text{де} \quad n = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}}; \quad \gamma = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}}; \quad D = \left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2; \quad \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \frac{(-1 \pm i\sqrt{3})}{2}. \quad (33)$$

У випадку $D < 0$ рішення рівняння (30) доцільно представити у виді:

$$z_1 = -2R \cos \frac{\varphi}{3}; z_2 = -2R \cos \left(\frac{\varphi}{3} + \frac{2\pi}{3} \right); z_3 = -2R \cos \left(\frac{\varphi}{3} + \frac{4\pi}{3} \right), \quad (34)$$

$$\text{де} \quad \cos \varphi = \frac{q}{2R^3}; R = (\text{sign} q) \sqrt[3]{\frac{|p|}{3}}. \quad (35)$$

Використовуючи (28), знаходимо коефіцієнти рівняння (27):

$$b = -2173136,8; c = 6,1517672 \cdot 10^{11}; d = -4,1038294 \cdot 10^{16}.$$

Визначаємо коефіцієнти приведенного рівняння (31):

$$p = -9,589978 \cdot 10^{11}; q = -3,5561648 \cdot 10^{17}.$$

$$\text{Тоді, згідно з (33):} \quad D = -1,0497116 \cdot 10^{33}.$$

Знак " - " свідчить, що кубічне рівняння має три дійсні корені. Для їхнього знаходження використовуємо залежність (34), попередньо визначивши із (35) параметри R і φ :

$$R = -565390,07; \varphi = 10,323378^0.$$

Підставляючи отримані значення R і φ у (34), маємо:

$$z_1 = 1128741,3; z_2 = -623150,14; z_3 = -505591,21.$$

Корені рівняння (27), згідно з (29):

$$x_1 = 1853120,2; x_2 = 218787,72; x_3 = 101228,79.$$

Знаходимо частоти коливання мас системи:

$$\beta_1 = \sqrt{x_1} = 1361,2936; \beta_2 = \sqrt{x_2} = 467,7475; \beta_3 = \sqrt{x_3} = 318,1647.$$

Визначаємо постійні інтегрування A , виконавши попередньо обчислення (14):

$$\beta_{12}^2 = 213681,16; \beta_{23}^2 = 349942,86; \beta_{24}^2 = 1609512,8.$$

Підставляючи отримані результати і вихідні дані в (16) - (19) після перетворень одержимо:

$$\Delta A_{11} = -150,07421 \cdot 10^{17}; \Delta A_{1211} = 434,83464 \cdot 10^{17};$$

$$\Delta A_{2311} = -140,83468 \cdot 10^{17}; \Delta A_{2411} = 57,394406 \cdot 10^{17}.$$

Підставляючи отримані результати в (15), знаходимо:

$$A_{1211} = -2,897 \text{ Нм}; A_{2311} = 0,938 \text{ Нм}; A_{2411} = -0,356 \text{ Нм}.$$

Замінивши в рівняннях (16) - (19) β_1^2 на β_2^2 , одержимо:

$$\Delta A_2 = -2,9012822 \cdot 10^{17}; \Delta A_{12)2} = 46,47211 \cdot 10^{17};$$

$$\Delta A_{23)2} = -5,4045926 \cdot 10^{17}; \Delta A_{24)2} = -24,849211 \cdot 10^{17}$$

Знаходимо постійні A при цикловій частоті β_2 :

$$A_{12)2} = -16,018 \text{ Нм}; A_{23)2} = 1,863 \text{ Нм}; A_{24)2} = -8,565 \text{ Нм}.$$

Замінивши в рівняннях (16) - (19) β_1^2 на β_3^2 , одержимо:

$$\Delta A_3 = -1,2661792 \cdot 10^{17}; \Delta A_{12)3} = 31,018269 \cdot 10^{17};$$

$$\Delta A_{23)3} = -0,9782194 \cdot 10^{17}; \Delta A_{24)3} = 17,172189 \cdot 10^{17}.$$

Знаходимо постійні A при цикловій частоті β_3 :

$$A_{12)3} = -24,497 \text{ Нм}; A_{23)3} = 0,772 \text{ Нм}; A_{24)3} = -13,562 \text{ Нм}.$$

Знаходимо постійні інтегрування B . Оскільки гальмування здійснюється при

початкових умовах: $\dot{T}_{(12)0} = 0$; $\dot{T}_{(23)0} = 0$; $\dot{T}_{(24)0} = 0$, аналізуючи рівняння (21) - (25), приходимо до висновку, що: $B_{(12)1} = 0$; $B_{(23)1} = 0$; $B_{(24)1} = 0$.

Аналогічно: $B_{(12)2} = 0$; $B_{(23)2} = 0$; $B_{(24)2} = 0$; $B_{(12)3} = 0$; $B_{(23)3} = 0$; $B_{(24)3} = 0$.

Підставляючи отримані результати в рівняння (12), маємо:

$$T_{12} = -2,897 \cos 1361,3t - 16,018 \cos 467,7t - 24,497 \cos 318,1t - 46,43;$$

$$T_{23} = 0,938 \cos 1361,3t - 1,863 \cos 467,7t + 0,772 \cos 318,1t - 5,51;$$

$$T_{24} = -0,356 \cos 1361,3t - 8,565 \cos 467,7t - 13,562 \cos 318,1t - 24,34.$$

Аналіз рівнянь (12) і отриманих результатів показує, що максимальну величину динамічних навантажень, які виникають у пружних в'язях привода при гальмуванні круглов'язальної машини, можна визначити з умов:

$$T_{12max} = |A_{(12)1}| + |A_{(12)2}| + |A_{(12)3}| + |a_{12}|;$$

$$T_{23max} = |A_{(23)1}| + |A_{(23)2}| + |A_{(23)3}| + |a_{23}|;$$

$$T_{24max} = |A_{(24)1}| + |A_{(24)2}| + |A_{(24)3}| + |a_{24}|.$$

Тоді: $T_{12max} = 89,842 \text{ Нм}$; $T_{23max} = 9,083 \text{ Нм}$; $T_{24max} = 46,823 \text{ Нм}$.

Коефіцієнти динамічних перевантажень пружних в'язів привода визначаємо, використовуючи рівняння (26):

$$K_{12} = 4,06; K_{23} = 0,51; K_{24} = 10,64.$$

Висновки. Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- запропонований метод досліджень динаміки гальмування товароприйомного механізму круглов'язальної машини дозволяє визначити величину максимальних динамічних навантажень, що виникають в товароприйомному механізмі під час гальмування круглов'язальної машини;

- встановлено, що при гальмуванні круглов'язальної машини динамічні навантаження товароприйомного механізму значно перевищують навантаження, які виникають під час пуску, і цю обставину необхідно враховувати при проектуванні круглов'язальних машин;

- результати досліджень можуть бути використані в перспективі для розробки нових сучасних товароприйомних механізмів круглов'язальних машин.

Список використаних джерел

1. Хомяк О.Н. Повышение эффективности работы вязальных машин /Б.Ф. Пипа. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 208 с.
2. Пипа Б.Ф. Механізми відтяжки та накатування полотна полотна круглов'язальних машин / О.М. Хомяк, О.Ю. Олійник. – К: КНУТД, 2009. – 234 с.
3. Пипа Б.Ф. Приводи круглов'язальних машин (нові розробки та елементи розрахунку) / О.М. Хомяк, А.І. Марченко. – К: КНУТД, 2007. – 400 с.
4. Пипа Б.Ф. Наукові основи проектування та удосконалення систем гальмування круглов'язальних машин / О.М. Хомяк, Г.І. Павленко. – К: КНУТД, 2003. – 208 с.
5. Кожевников С.Н. Динамика машин с упругими звеньями. – К.: Изд-во АН УССР, 1961. – 190 с.

6. Бронштейн И.Н. Справочник по математике /К.А. Семендяев. – М., Наука, 1980. – 976 с.
7. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы. 1992. – 86 с.

References

1. Homyak O.N. Povyishenie effektivnosti raboty vyazalnyih mashin /B.F. Pipa. – М.: Legprombyitizdat, 1990. – 208 p.
2. Pipa B.F. Mekhanizmy vidtiazhky ta nakatuvannia polotna kruhloviazalnykh mashyn / O.M. Khomiak, O.Iu. Oliinyk. – K: KNUTD, 2009. – 234 p.
3. Pipa B.F. Pryvody kruhloviazalnykh mashyn (novi rozrobky ta elementy rozrakhunku) / O.M. Khomiak, A.I. Marchenko. – K: KNUTD, 2007. – 400 p.
4. Pipa B.F. Naukovi osnovy proektuvannia ta udoskonalennia system halmuvannia kruhloviazalnykh mashyn / O.M. Khomiak, H.I. Pavlenko. – K: KNUTD, 2003.– 208 p.
5. Kozhevnikov S.N. Dinamika mashin s uprugimi zvenyami. – K.: Izd-vo AN USSR, 1961. – 190 p.
6. Bronshteyn I.N. Spravochnik po matematike /K.A. Semendyaev. – М., Nauka, 1980. – 976 p.
7. Mashyny kruglovyazalnye tipa KO-2. Tehnicheskoe opisanie i instruktsiya po ekspluatatsii. – Chernovtsy. 1992. – 86 p.

ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ТОВАРОПРИЕМНОГО МЕХАНИЗМА, ВЫЗВАННЫЕ ТОРМОЖЕНИЕМ КРУГЛОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ

ЧАБАН В.В., КОРОБЧЕНКО Е.А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка метода исследования динамики торможения товароприемного механизма кругловязальной машины.

Методика. Используются современные методы теоретических исследований, основанные на теории динамики механических систем с упругими связями.

Результаты. Разработан метод исследования динамики торможения товароприемного механизма кругловязальной машины, позволяющий оценить его динамические нагрузки, обусловленные торможением. В результате выполненных исследований установлено, что при торможении кругловязальной машины в ее механизмах, в частности в товароприемном механизме, возникают динамические нагрузки, значительно превышающие нагрузки, действующие в момент ее пуска, и это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании кругловязальных машин. На основе теоретических исследований разработан инженерный метод нахождения максимальных динамических нагрузок, возникающих в товароприемном механизме при торможении кругловязальной машины.

Научная новизна. Разработан метод исследования динамики торможения товароприемного механизма кругловязальной машины.

Практическая значимость. Разработан алгоритм и инженерный метод нахождения максимальных динамических нагрузок, возникающих в товароприемном механизме при торможении кругловязальной машины.

Ключевые слова: кругловязальная машина, товароприемный механизм, динамика товароприемного механизма, торможение кругловязальной машины, динамические нагрузки, вызванные торможением.

DYNAMIC LOAD FOSTER MECHANISM CAUSED BY BRAKING CIRCULAR KNITTING MACHINES

CHABAN V.V., KOROBCHENKO E.A.

Kiev National University of Technology and Design

Purpose. Development of research method of inhibition speakers foster mechanism circular knitting machine.

Methodology. The use of modern methods of theoretical research, based on the theory of the dynamics of mechanical systems with elastic connections.

Findings. A method for the study of the mechanism of inhibition speakers foster mechanism circular knitting machine that allows him to evaluate the dynamic loads caused by braking. As a result of the research found that when braking the circular machine in its mechanisms, particularly in foster mechanism, dynamic loads occur, considerably exceeding the load acting at the time of start-up, and this must be considered when designing the circular knitting machine. On the basis of theoretical studies developed engineering method for finding the maximum dynamic loads occurring in braking foster mechanism circular knitting machine.

Originality. A method for the study of the mechanism of inhibition speakers foster mechanism circular knitting machine.

Practical value. The algorithm and the engineering method for finding the maximum dynamic loads occurring in braking foster mechanism circular knitting machine.

Key words: *knitting machine, foster mechanism, dynamics foster mechanism, inhibition of the circular machine, the dynamic loads caused by braking.*

УДК 620.193.4:624.012.45

ФОМИН В.М.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

**ПОСТРОЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ
ПРОСТРАНСТВЕННОГО ИЗГИБА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
БАЛОК И РАМ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ И
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ И
ПЛАСТИЧНОСТИ БЕТОНА**

***Цель.** Построение системы дифференциальных уравнений для пошагового метода решения задачи пространственного изгиба железобетонных балок и рам.*

***Методика.** На основе ассоциированного закона пластического течения бетона получены представления приращений главного вектора и главного момента внутренних сил в поперечном сечении балки в виде функций приращений углов Крылова, определяющих изменение положения сечения, и их производных по дуговой координате*

***Результаты.** На основе полученных представлений и дифференциальных соотношений между приращениями главного вектора и главного момента внутренних усилий в поперечном сечении балки проводится построение системы дифференциальных уравнений пространственного изгиба железобетонной балки с учетом физической и геометрической нелинейностей и пластичности бетона.*

***Научная новизна.** Полученные дифференциальные уравнения являются основой для разработки алгоритма варианта метода граничных элементов для решения задач статики и динамики многопролетных и многоэтажных рам с учетом нелинейностей и возникновения остаточных деформаций. Существующие алгоритмы метода граничных элементов для стержневых систем для решения нелинейных задач не предназначены.*

***Практическая значимость.** Возможность построения эффективных моделей каркасных железобетонных сооружений при расчете их на сейсмические воздействия.*

***Ключевые слова:** дифференциальные уравнения, метод граничных элементов, железобетонные балки и рамы, физическая и геометрическая нелинейности, пластичность бетона.*

Введение. Прямой динамический расчет пространственных рамных железобетонных конструкций с учетом нелинейной работы и пластических свойств материалов на динамические (в частности, сейсмические) воздействия является сложной задачей. Во многих странах разработаны программные комплексы по нелинейному динамическому расчету конструкций. Все эти комплексы основаны на методе конечных элементов.

В ряде работ А.В. Гришина, В.С. Дорофеева, С.Ф. Клованича и их учеников [1–5] рассмотрены статические и динамические задачи для массивных железобетонных сооружений с учетом нелинейноупругих и пластических свойств бетона и предложены их решения также на основе метода конечных элементов.

Следует отметить, что порядок системы разрешающих уравнений метода конечных элементов очень высок, особенно в случаях учета нелинейных и пластических свойств материалов, что требует разбиения элементов железобетонных рам на большое количество мелких конечных элементов в связи с тем, что деформационные свойства бетона различны в сжатой и растянутой зонах, а также от того, находится ли данный элементарный объем в стадии нагружения или разгрузки.

Постановка задачи. Целью исследования является алгоритм построения дифференциальных уравнений изгиба железобетонных балок при учете нелинейных и

пластических свойств деформирования бетона, необходимых для использования метода граничных элементов.

Результаты исследования. 1. В монографии [6] приведены формулы для компонентов тензора деформаций в точках изогнутой балки:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{11} &= (x_3 + u_3)\omega_2 - (x_2 + u_2)\omega_3 + u_{1,1}, \\ \varepsilon_{12} &= (u_1\omega_3 - (x_3 + u_3)\omega_1 + u_{1,2} + u_{2,1})/2, \\ \varepsilon_{13} &= ((x_2 + u_2)\omega_1 - u_1\omega_2 + u_{1,3} + u_{3,1})/2, \varepsilon_{22} = u_{2,2}, \\ \varepsilon_{23} &= (u_{2,3} + u_{3,2})/2, \varepsilon_{33} = u_{3,3}.\end{aligned}\quad (1)$$

Здесь $\omega_i (i=1,2,3)$ – компоненты вектора угловой скорости поворота базиса $e_i (i=1,2,3)$ (e_1 – единичный вектор, совпадающий с ортом τ касательной к деформированной оси балки в центре C тяжести сечения, e_2 и e_3 – векторы, направленные вдоль осей симметрии поперечного сечения) при движении точки C вдоль изогнутой оси балки с единичной скоростью; $x_i (i=2,3)$ – координаты точки поперечного сечения в системе координат, связанной с ортами $e_i (i=1,2,3)$; $x_1 = s$ – дуговая координата точки C ; $u_i (i=1,2,3)$ – перемещения точек в указанной системе координат, $u_{i,j} = \frac{\partial u_i}{\partial x_j} (i, j=1,2,3)$ (рис.

1).

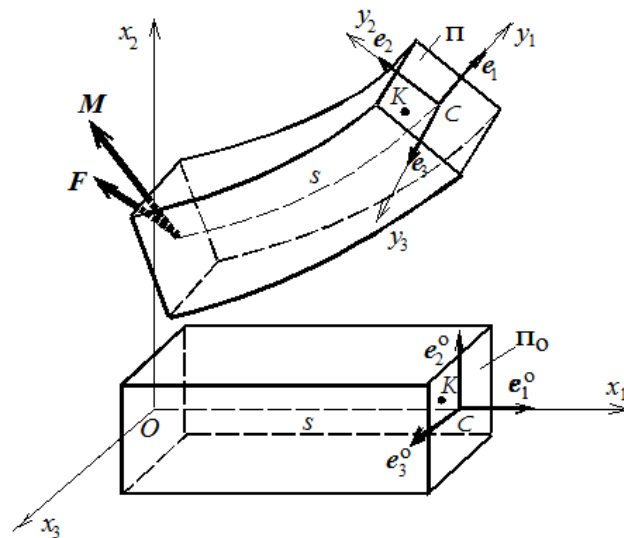


Рис. 1. Схема сегмента балки до и после деформации.

Для ориентации базиса $e_i (i=1,2,3)$ относительно неподвижного базиса $e_i^0 (i=1,2,3)$ выбраны углы Крылова.

В [7] приведены следующие выражения:

$$\omega_1 = \dot{\theta} \cos \phi \cos \psi - \dot{\psi} \sin \phi, \omega_2 = \dot{\theta} \cos \psi \sin \phi + \dot{\psi} \cos \phi, \omega_3 = \dot{\phi} - \dot{\theta} \sin \psi \quad (2)$$

(ϕ, ψ и θ – углы Крылова, дифференцирование по t совпадает с дифференцированием по s)

В соответствии с ассоциированным законом пластического течения [8-9] приращение пластической деформации может быть представлено в следующем виде:

$$d[\varepsilon]_p = g \frac{\partial \Phi([\sigma], \chi)}{\partial [\sigma]},$$

где Φ – функция нагружения: $\Phi([\sigma], \chi) = \Phi_I([\sigma]) + h(\chi)$,

$\Phi_I([\sigma])$ – функция, определяющая предельную поверхность, $h(\chi)$ – функция упрочнения, χ – параметр упрочнения, $[\sigma]$ – вектор напряжений, т.е. вектор с элементами $[\sigma]_1 = \sigma_{1,1}$, $[\sigma]_2 = \sigma_{2,2}$, $[\sigma]_3 = \sigma_{3,3}$, $[\sigma]_4 = \sigma_{1,2}$, $[\sigma]_5 = \sigma_{1,3}$, $[\sigma]_6 = \sigma_{2,3}$.

Представим приращение возможной работы напряжений на пластических деформациях следующим образом:

$$\partial \chi = \sigma_0 \partial \varepsilon_{p,0} + \tau_0 \partial \gamma_{p,0}$$

($\partial \varepsilon_{p,0}$ и $\partial \gamma_{p,0}$ – приращения объемных пластических деформаций и пластических деформаций октаэдрического сдвига). Примем в качестве функции упрочнения следующую функцию:

$$h(\chi) = -\Phi_I([\sigma(\chi)]).$$

Пусть предельная поверхность описывается функцией [10]:

$$\begin{aligned} \Phi_I([\sigma]) = & \sigma_{1,1}^2 + \sigma_{2,2}^2 + \sigma_{3,3}^2 - (\sigma_{1,1}\sigma_{2,2} + \sigma_{2,2}\sigma_{3,3} + \sigma_{3,3}\sigma_{1,1}) + \\ & + (R_c - R_p)(\sigma_{1,1} + \sigma_{2,2} + \sigma_{3,3}) + 3(\sigma_{1,2}^2 + \sigma_{1,3}^2 + \sigma_{2,3}^2) - R_c R_p. \end{aligned}$$

Следуя далее [5], приходим к следующему соотношению:

$$d[\sigma] = D_{ep} d[\varepsilon]. \quad (3)$$

Здесь $D_{ep} = D_e - D_e \frac{\partial \Phi}{\partial [\sigma]} \left[\frac{\partial \Phi}{\partial [\sigma]} \right]^T D_e \left\{ \left[\frac{\partial \Phi}{\partial [\sigma]} \right]^T D_e \frac{\partial \Phi}{\partial [\sigma]} - \frac{\partial \Phi}{\partial \chi} [\sigma]^T \frac{\partial \Phi}{\partial [\sigma]} \right\}^{-1}$, D_e – матрица

обобщенного закона Гука для линейно упругого материала, $[\varepsilon]$ – вектор деформаций, т.е. вектор с элементами $[\varepsilon]_1 = \varepsilon_{1,1}$, $[\varepsilon]_2 = \varepsilon_{2,2}$, $[\varepsilon]_3 = \varepsilon_{3,3}$, $[\varepsilon]_4 = \varepsilon_{1,2}$, $[\varepsilon]_5 = \varepsilon_{1,3}$, $[\varepsilon]_6 = \varepsilon_{2,3}$.

Введем обозначения (штрих означает производную по дуговой координате s):

$$\xi_1 = \phi, \xi_2 = \psi, \xi_3 = \theta, \xi_4 = \phi', \xi_5 = \psi', \xi_6 = \theta', \quad (4)$$

$$f_r^{(1)} = \frac{\partial f}{\partial \xi_r} \quad (r = 1, 2, \dots, 6) \quad (5)$$

для любой функции $f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_6)$.

Из (2) нетрудно получить

$$d\omega_i = \sum_{r=1}^6 (\omega_i)_r^{(1)} d\xi_r \quad (i = 1, 2, 3), \quad (6)$$

$$\begin{aligned} (\omega_1)_1^{(1)} &= -\theta' \sin \phi \cos \psi - \psi' \cos \phi, (\omega_1)_2^{(1)} = -\theta' \cos \phi \sin \psi, (\omega_1)_5^{(1)} = -\sin \phi, (\omega_1)_6^{(1)} = \cos \phi \cos \psi, \\ (\omega_2)_1^{(1)} &= \theta' \cos \phi \cos \psi - \psi' \sin \phi, (\omega_2)_2^{(1)} = -\theta' \sin \phi \sin \psi, (\omega_2)_5^{(1)} = -\sin \phi, (\omega_2)_6^{(1)} = \sin \phi \cos \psi, \\ (\omega_3)_2^{(1)} &= -\theta' \cos \psi, (\omega_3)_4^{(1)} = 1, (\omega_3)_6^{(1)} = -\sin \psi \end{aligned}$$

(остальные величины из множества $(\omega_i)_r^{(1)}$ ($i = 1, 2, 3; r = 1, 2, \dots, 6$) равны нулю). Будем разыскивать приращения перемещений du_n ($n = 1, 2, 3$) в следующем виде:

$$u_n = \sum_{p=0}^2 a_{n,p,2-p} x_2^p x_3^{2-p}.$$

Присвоим каждому элементу $a_{n,p,2-p}$ ($n=1,2,3$; $p=0,1,2$) порядковый номер $j = 3(n-1) + p + 1$ и введем аналогично (5) обозначение:

$$f_j^{(2)} = \frac{\partial f}{\partial a_j} \quad (j=1,2,\dots,9). \quad (7)$$

Из (1) с учетом (4)–(6) следует:

$$d[\varepsilon]_m = \sum_{r=1}^6 ([\varepsilon]_m)_r^{(1)} d\xi_r + \sum_{j=1}^9 ([\varepsilon]_m)_j^{(2)} da_j \quad (m=1,2,\dots,6) \quad (8)$$

Здесь $([\varepsilon]_m)_r^{(1)} = \frac{\partial [\varepsilon]_m}{\partial \xi_r}$ ($r=1,2,\dots,6$), $([\varepsilon]_m)_j^{(2)} = \frac{\partial [\varepsilon]_m}{\partial a_j}$ ($j=1,2,\dots,9$).

Из (3) получаем

$$\begin{aligned} d[\sigma]_i &= \sum_{r=1}^6 ([\sigma]_i)_r^{(1)} d\xi_r + \sum_{j=1}^9 ([\sigma]_i)_j^{(2)} da_j, \quad ([\sigma]_i)_r^{(1)} = \sum_{k=1}^6 D_{ep,i,k} ([\varepsilon]_k)_r^{(1)}, \\ ([\sigma]_i)_j^{(2)} &= \sum_{k=1}^6 D_{ep,i,k} ([\varepsilon]_k)_j^{(2)} \quad (i, r=1,2,\dots,6; j=1,2,\dots,9). \end{aligned} \quad (9)$$

Используя разложения (8) и (9), можно получить аналогичные разложения и для проекций приращений поперечных сил dQ_i ($i=1,2,3$) и изгибающих моментов dM_i ($i=1,2,3$):

$$\begin{aligned} dM_i &:= \sum_{r=1}^6 (M_i)_r^{(1)} d\xi_r + \sum_{j=1}^9 (M_i)_j^{(2)} da_j, \\ dQ_i &:= \sum_{r=1}^6 (Q_i)_r^{(1)} d\xi_r + \sum_{j=1}^9 (Q_i)_j^{(2)} da_j \quad (i=1,2,3) \end{aligned} \quad (10)$$

Граничные условия на гранях балки:

$$d[\sigma]_m = 0 \text{ при } m = 2, 4, 6, x_2 = \pm h/2 \text{ и при } m = 3, 5, 6, x_3 = \pm b/2 \quad (11)$$

(b и h – размеры поперечного сечения балки). Статическую гипотезу Кирхгофа можно записать в виде приближенных равенств

$$d[\sigma]_2 = d[\sigma]_3 = d[\sigma]_6 = 0. \quad (12)$$

Из (11) – (12) следует, что при применении метода наименьших квадратов необходимо найти такие значения параметров da_j ($j=1,2,\dots,9$), при которых функция

$$\begin{aligned} d\Psi &= \int_{-b/2}^{b/2} \sum_{m=2,4,6} \{ [d[\sigma]_m(-\frac{h}{2}, x_3)]^2 + [d[\sigma]_m(\frac{h}{2}, x_3)]^2 \} dx_3 + \\ &+ \int_{-h/2}^{h/2} \sum_{m=3,5,6} \{ [d[\sigma]_m(x_2, -\frac{b}{2})]^2 + [d[\sigma]_m(x_2, \frac{b}{2})]^2 \} dx_2 + \\ &+ \int_{-h/2}^{h/2} \int_{-b/2}^{b/2} \sum_{m=2,3,6} [d[\sigma]_m(x_2, x_3)]^2 dx_2 dx_3 \end{aligned} \quad (13)$$

принимает наименьшее значение.

Из (10) и условий равновесия сегмента балки между левым концом и рассматриваемым поперечным сечением следует

$$d\Gamma_m = 0 \quad (m = 1, 2, 3), \quad (14)$$

где $d\Gamma_m = \sum_{r=1}^6 (Q_m)_r^{(1)} d\xi_r + \sum_{j=1}^9 (Q_m)_j^{(2)} da_j + \sum_{k=1}^3 (\beta_{m,k} dF_k + F_k d\beta_{m,k})$. Таким образом,

необходимо найти минимум функции $d\Psi$ при выполнении условий (14). Проблема условного минимума функции $d\Psi$ сводится к определению минимума функции

$L = d\Psi + \sum_{m=1}^3 \delta_m d\Gamma_m$ по переменным da_j и δ_m ($j = 1, 2, \dots, 9$, $m = 1, 2, 3$), откуда следует, что

$$\frac{\partial(d\Psi)}{\partial(da_i)} - \sum_{m=1}^3 \delta_m \frac{\partial(d\Gamma_m)}{\partial(da_i)} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, 9), \quad d\Gamma_m = 0, \quad (m = 1, 2, 3) \quad (15)$$

Из (13) получаем

$$\frac{\partial(d\Psi)}{\partial(da_i)} = \sum_{r=1}^6 (\Psi)_{i,r}^{(1)} d\xi_r + \sum_{j=1}^9 (\Psi)_{i,j}^{(2)} da_j, \quad (16)$$

а из (14)

$$\frac{\partial(d\Gamma_m)}{\partial(da_i)} = (Q_m)_i^{(2)} \quad (i = 1, 2, \dots, 9). \quad (17)$$

Тогда (15) запишется так:

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^6 (\Psi)_{i,r}^{(1)} d\xi_r + \sum_{j=1}^9 (\Psi)_{i,j}^{(2)} da_j - \sum_{m=1}^3 \delta_m (Q_m)_i^{(2)} &= 0 \quad (i = 1, 2, \dots, 9), \\ \sum_{r=1}^6 (Q_m)_r^{(1)} d\xi_r + \sum_{j=1}^9 (Q_m)_j^{(2)} da_j + \sum_{k=1}^3 \beta_{m,k} dF_k &= 0 \quad (m = 1, 2, 3). \end{aligned} \quad (18)$$

Введем вектор $[da]$ с элементами $da_1, da_2, \dots, da_9, \delta_1, \delta_2, \delta_3$. Тогда (18) можно будет записать в виде системы линейных алгебраических уравнений:

$$\hat{\Psi}[da] = \sum_{r=1}^6 \tilde{\Psi}^{(r)} d\xi_r + \sum_{k=1}^3 \tilde{\Phi}^{(k)} dF_k. \quad (19)$$

(элементы матрицы $\hat{\Psi}$ и столбцов $\tilde{\Psi}^{(r)}$ и $\tilde{\Phi}^{(k)}$ очевидным образом выражаются через $(\Psi)_{i,r}^{(1)}, (\Psi)_{i,j}^{(2)}, (Q_m)_i^{(1)}, (Q_m)_i^{(2)}$ и $\beta_{m,k}$ ($i, j = 1, 2, \dots, 9; r = 1, 2, \dots, 6; m, k = 1, 2, 3$)).

Обозначим решение системы (19) с правой частью, равной $[\tilde{\Psi}]^{(r)}$, через $[a^{(1)}]^{(r)}$, а с правой частью $\tilde{\Phi}^{(k)}$ – через $[a^{(2)}]^{(k)}$. Очевидно, решение системы (19) имеет следующий вид:

$$[da] = \sum_{r=1}^6 [a^{(1)}]^{(r)} d\xi_r + \sum_{k=1}^3 [a^{(2)}]^{(k)} dF_k. \quad (20)$$

Элементы столбцов $[a^{(1)}]^{(r)}$ и $[a^{(2)}]^{(k)}$ могут быть определены при помощи (8) – (9). Тогда (10) примет следующий вид:

$$dM_i = \sum_{r=1}^6 (M_i)_r^{(3)} d\xi_r + \sum_{k=1}^3 (M_i)_k^{(4)} dF_k \quad (i=1,2,3), \quad (21)$$

$$\text{где } (M_i)_r^{(3)} = (M_i)_r^{(1)} + \sum_{j=1}^9 (M_i)_j^{(2)} [a]_j^{(r)}, \quad (M_i)_k^{(4)} = \sum_{j=1}^9 (M_i)_j^{(2)} [a^{(2)}]_j^{(k)}.$$

Из соотношения $M' + e_1 \times Q = 0$ [6] следует, что

$$\begin{aligned} dM'_1 + M_3 d\omega_2 + \omega_2 dM_3 - M_2 d\omega_3 - \omega_3 dM_2 &= 0, \\ dM'_2 + M_1 d\omega_3 + \omega_3 dM_1 - M_3 d\omega_1 - \omega_1 dM_3 - dQ_3 &= 0, \\ dM'_3 + M_2 d\omega_1 + \omega_1 dM_2 - M_1 d\omega_2 - \omega_2 dM_1 + dQ_2 &= 0. \end{aligned} \quad (22)$$

При помощи (21) равенства (22) можно записать так:

$$Xd\xi'' + Yd\xi' + Zd\xi + U = 0 \quad (23)$$

где $d\xi = [d\xi_1, d\xi_2, d\xi_3]$, X , Y и Z – квадратные матрицы размерности 3×3 .

Выводы. Равенство (23) представляет собой систему дифференциальных уравнений для нахождения приращений углов Крылова, определяющих изменение ориентации репера e_1, e_2, e_3 относительно осей x_1, x_2, x_3 , вызванных приращениями силы F и момента M_0 . В результате решения системы уравнений (17) определяются $d\psi, d\phi$ и $d\theta$ как функции s . Прибавляя их к найденным значениям углов Крылова на предыдущем шаге, получаем новые значения этих углов, а затем, проектируя вектор $e_1 = \tau = r'$ на оси x_i ($i = 1, 2, 3$), получаем уравнения:

$$x'_{C,i} = \alpha_{1,i} \quad (i=1,2,3), \quad (24)$$

определяющие координаты точек изогнутой оси балки.

Список использованной литературы

1. Гришин А.В. Нелинейная динамика конструкций, взаимодействующих с деформируемой средой / А.В. Гришин, В.С. Дорофеев. – Одесса: Астропринт, 2001. – 135 с.
2. Гришин А.В. Нелинейные динамические задачи расчета портовых гидротехнических сооружений / А.В. Гришин, Е.Ю. Федорова. – Одесса: ОНМУ, 2002. – 125 с.
3. Клованич С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейной механике грунтов и бетонов / С.Ф. Клованич / Строительные конструкции: межвед. н.-т. сб.: вып. 61.: т.1 – Киев: НИИСК, 2004. – С. 123-141.
4. Клованич С.Ф. Анализ напряженно-деформированного состояния железобетонных плит с использованием изопараметрического конечного элемента / С.Ф.Клованич., Д.И.Безушко / Строительная механика и расчет сооружений.- №2. – 2008. – С. 67-71.
5. Клованич С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейных задачах инженерной механики / С.Ф. Клованич. / Библиотека журнала «Світ геотехніки», вып. 9. – Запорожье: ООО ИПО «Запорожье», 2009. – 400 с.
6. Илюхин А.А. Пространственные задачи нелинейной теории упругих стержней / А.А. Илюхин. – Киев: Наукова думка, 1979. – 216 с.

7. Бранец В.Н. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела / В.Н. Бранец, И.П. Шмыглевский. – М.: Наука, 1973. – 320 с.
8. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 543 с.
9. Ивлев Д.Д. Теория упрочняющегося пластического тела / Д.Д. Ивлев, Г.И. Быковцев. – М.: Наука, 1971. – 231 с.
10. Гениев Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона / Г.А. Гениев Г, В.Н. Киссюк, Г.А. Тюпин – М.: Стройиздат, 1974 – 316 с.

References

1. Grishin A.V. Nelineynaya dinamika konstruktsiy, vzaimodeystvuyushchikh s deformiruemoy sredoy / A.V. Grishin, V.S. Dorofeev. – Odessa: Astroprint, 2001. – 135 pp.
2. Grishin A.V. Nelineynye dinamicheskie zadachi rascheta portovykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy / A.V. Grishin, Ye.Yu. Fedorova. – Odessa: ONMU, 2002. – 125 pp.
3. Klovanych S.F. Metod konechnykh elementov v nelineynoy mekhanike gruntov i betonov/S.F. Klovanych/Stroitelnye konstruktsii: mezhved. n.–t. sb.: vyp. 61.: t.1 – Kiev: NIISK, 2004. – P. 123-141.
4. Klovanych S.F. Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya zhelezobetonnykh plit s ispolzovaniem izoparametricheskogo konechnogo elementa / S.F.Klovanych., D.I.Bezushko / Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy.- №2. – 2008. – P. 67-71.
5. Klovanych S.F. Metod konechnykh elementov v nelineynykh zadachakh inzhenernoy mekhaniki / S.F. Klovanych. / Biblioteka zhurnala «Svit geotekhniki», vyp. 9. – Zaporozhe: OOO IPO «Zaporozhe», 2009. – 400 pp.
6. Ilyukhin A.A. Prostranstvennye zadachi nelineynoy teorii uprugikh sterzhney / A.A. Ilyukhin. – Kiev: Naukova dumka, 1979.– 216 pp.
7. Branets V.N. Primenenie kvaternionov v zadachakh orientatsii tverdogo tela / V.N. Branets, I.P. Shmyglevskiy. – М.: Nauka, 1973. – 320 pp.
8. Zenkevich O. Metod konechnykh elementov v tekhnike / O. Zenkevich. – М.: Mir, 1975. – 543 pp.
9. Ivlev D.D. Teoriya uprochnyayushchegosya plasticheskogo tela / D.D. Ivlev, G.I. Bykovtsev.– М.: Nauka, 1971. – 231 pp.
10. Geniev G.A. Teoriya plastichnosti betona i zhelezobetona / G.A. Geniev G, V.N. Kissyuk, G.A. Tyupin – М.: Stroyizdat, 1974 – 316 pp.

ПОБУДОВА ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ПРОСТОРОВОГО ВИГИНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК І РАМ З УРАХУВАННЯМ ФІЗИЧНОЇ І ГЕОМЕТРИЧНОЮ НЕЛІНІЙНОСТЕЙ І ПЛАСТИЧНОСТІ БЕТОНУ

ФОМІН В. М.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Мета. Побудова системи диференціальних рівнянь для покрокового методу рішення задачі просторового вигину залізобетонних балок і рам.

Методика. На основі асоційованого закону пластичної течії бетону отримані представлення приростів головного вектору і головного моменту внутрішніх сил в поперечному перерізі балки у вигляді функцій приростів кутів Крилова, що визначають зміну положення перерізу, і їх похідних по дуговій координаті.

Результати. На основі отриманих представлень і диференціальних співвідношень між приростами головного вектору і головного моменту внутрішніх зусиль в поперечному перерізі балки проводиться побудова системи диференціальних рівнянь просторового вигину залізобетонної балки з урахуванням фізичної і геометричної нелінійностей і пластичності бетону.

Наукова новизна. Отримані диференціальні рівняння є основою для розробки алгоритму варіанту методу граничних елементів для вирішення завдань статичної і динамічної багатопролітних і багатоповерхових рам з урахуванням нелінійностей і виникнення залишкових деформацій. Існуючі алгоритми методу граничних елементів для стержневих систем для вирішення нелінійних завдань не призначені.

Практична значимість. Можливість побудови ефективних моделей каркасних залізобетонних споруд при розрахунку їх на сейсмічні дії.

Ключові слова: диференціальні рівняння, метод граничних елементів, залізобетонні балки і рами, фізична і геометрична нелінійності, пластичність бетону.

CONSTRUCTION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE SPATIAL BENDING OF REINFORCED CONCRETE BEAMS AND FRAMES, TAKING INTO ACCOUNT PHYSICAL AND GEOMETRICAL NONLINEARITIES AND PLASTICITY OF CONCRETE

FOMIN V. M.

Odessa state academy of civil engineering and architecture

Purpose. Construction of the system of differential equations for the incremental method for solution of the problem for reinforced concrete beam and frame spatial bending.

Methodology. On the basis of associated law of plastic concrete flow there the representations of increments of the total vector and the total moment of internal forces in a cross-section of a beam caused by the increments of external forces, in the form of functions of Krylov's angles increments, determining section position change, and their derivatives on arc coordinate have been derived.

Findings. On the basis of the derived representations and differential relations between the increments of the main vector and the main moment of internal forces in the cross-section of a beam the construction of the system of differential equations of spatial bending of reinforced-concrete beam has been conducted taking into account physical and geometrical nonlinearities and plasticity of concrete.

Originality. Derived differential equations are the basis for development of algorithm of a variant of the border elements method for the solving statics and dynamics problems for multispans and multistory frames taking into account nonlinearities and residual strain formations. The existing algorithms of the boundary element method are not destined for the solving nonlinear problems for the bar systems.

Practical value. Possibility of construction of the effective models for framework reinforced concrete buildings at the seismic design.

Keywords: differential equations, boundary element method, reinforced concrete beams and frames, physical and geometrical nonlinearities, plasticity of concrete.

УДК: 006.057.2

ОМЕЛЬЧЕНКО В.Д.⁽¹⁾, ГАЛАВСЬКА Л.Є.⁽²⁾, РОЗСОХА Т.І.⁽³⁾

(1)Технічний комітет 125 «Легка промисловість»

(2) Київський національний університет технологій та дизайну

(3) Державне підприємство «Київський науково-дослідний інститут текстильно-галантерейної промисловості»

МІЖНАРОДНА ПРАКТИКА СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТРИКОТАЖУ

Мета. Розглянути міжнародну законодавчу практику визначення видів трикотажу у порівнянні з українськими стандартами та запропонувати шляхи гармонізації вітчизняної документації.

Методика. Порівняльний аналіз відповідності термінів та визначень українських стандартів термінам міжнародних нормативних документів та автентичності їх перекладу.

Результати. Встановлено розбіжності та технічні невідповідності українських стандартів міжнародним.

Наукова новизна. Визначено сучасні, автентичні міжнародним стандартам, терміни та визначення трикотажних переплетень при перекладі української термінології на англійську мову.

Практична значимість. Забезпечення автентичності перекладів термінів трикотажного виробництва при підготовці науково-технічних та виробничих документів. Визначено доцільність перегляду українського стандарту з термінів трикотажної промисловості.

Ключові слова: гармонізація стандартів, трикотаж, переплетення, терміни, автентичність визначень та термінів.

Вступ. З січня 2018 року національним органом стандартизації згідно Закону України «Про стандартизацію» [1] та на виконання відповідного Розпорядження Кабінету Міністрів [2] скасовується дія стандартів, які були розроблені до 01.01.1992 року. Зокрема, близько 800 стандартів скасовується в галузі легкої промисловості (у деяких випадках вже скасовано з січня 2016 року).

Відміна такого великого масиву стандартів потребує нових державних підходів до нормування української продукції відповідно вимогам міжнародних стандартів.

Постановка завдання. Україна на шляху до повноправного членства у Європейському Союзі все у більшій мірі починає використовувати в промисловій діяльності міжнародні технічні регламенти і стандарти. Це відноситься і до продукції трикотажної промисловості. Практика опрацювання міжнародних та європейських стандартів засвідчує, що в цьому питанні у нас є суттєві проблеми.

Результати дослідження. Основні положення щодо трикотажних полотен різних видів викладені у міжнародному стандарті [3].

Зазначимо, що цей міжнародний документ досить незвичний для вітчизняних спеціалістів за своєю внутрішньою побудовою. Він більш нагадує довідник по трикотажним переплетенням і їх геометричним образам. У ряді випадків подано графічні й аналітичні записи. В основу переплетень, що розглядаються стандартом, покладені елементи петель, їх взаємне розташування, розміщення в структурі, а також нормативна побудова петельних стовпчиків та рядів.

Більш того, стандарт [3] у деяких своїх частинах повністю схожий на підручник з теорії трикотажу, роз'яснюючи, що таке петлі і їх елементи, чим різняться трикотажні переплетення, яким чином на папері будуються петельні структури і як графічно зображуються складові переплетень, кладок ниток на голки і за голками, заправки гребінок тощо.

Стандарт визначає два головних види трикотажу: кулірний та основов'язаний, а далі розглядає найбільш вживані переплетення кожного з цих видів. Причому, міжнародний документ не розподіляє трикотажні переплетення на звичні для нас головні, візерункові, похідні і комбіновані.

Головний принцип, яким керується стандарт – це забезпечити просту, зрозумілу для виробників, прагматичну для використання системи поділу трикотажних переплетень. Нормуються тільки ті переплетення та види трикотажу, які найбільш вживані на практиці, причому ряд з них мають всім відому торгову назву. Практикується детальне, як у підручнику, роз'яснення способу виготовлення ряду переплетень, які ілюструються, у разі потреби, графічними і аналітичними записами і, навіть, ілюстраціями положень петлетвірних органів. Подібних підходів у національній стандартизації не практикується.

Кулірні трикотажні переплетення розподіляють на декілька груп:

1. Трикотаж на базі одинарних переплетень (jersey-based fabrics, англ.). Такий англійський термін досить незвичний для нас, так як вже майже за п'ять десятиріч всі звикли, що торгове найменування «джерсе» означає дуже якісний тонкий гладкий вовняний трикотаж (чи виріб).

У міжнародній термінології до одинарних кулірних переплетень відносять всі переплетення, в яких петлі звернуті лицьовою стороною на одну сторону трикотажу, а виворітною стороною на другу сторону трикотажу. Крім того, ці переплетення, крім петель ґрунту, можуть мати утокові та футерні нитки, пресові і плюшеві петлі, пропущені петлі та протяжки, перенесені петлі з одного стовпчика в інший, можуть мати ділянки з вв'язаною непряденою рівницею (для штучного хутра) тощо.

До найбільш вживаних видів кулірного одинарного простого та платированого трикотажу відносять 42 петельні структури, що знайшли найбільше застосування на практиці. Це кулірна гладь, нерівномірний трикотаж, трикотаж з ділянками різної щільності та трикотаж з деякими різко збільшеними петлями, трикотаж односторонніх та двосторонніх плюшевих переплетень, футерних і пресових переплетень (в тому числі відомих торгових найменувань «мікромеш», «кулірний креп», вузликівий двоколірний тощо), трикотаж з комбінацією платированих та неплатированих петель різного кольору, трикотаж з окремими великими розсунутими петлями (explanded loop, англ.), трикотаж з ажурним ефектом за рахунок переносу петель згідно рапорту рисунка в сусідні петельні стовпчики та трикотаж жакардових переплетень. У цій же групі документ окремо виділяє широко відомі торгові назви трикотажу інтарзія, лорнет та пташине око.

Також до цієї групи віднесено ряд відомих трикотажних переплетень для технічних виробів, які виготовляють на спеціальному в'язальному обладнанні. Це, в першу чергу, двоосьовий кулірно-основов'язаний трикотаж, великорাপортний комбінований трикотаж з різноманітними накидами; трикотаж, який містить у структурі пучки волокон різної природи та фізико-механічних властивостей (аналогічно виробництву штучного хутра) та кулірний

трикотаж, що у структурі чергує петлі кулірної гладі з петлями ланцюжків для ліквідації розпуску структури.

2. Трикотаж на базі одинарних переплетень, у виробництві яких беруть участь дві фонтури. Виділення такої групи досить незвичне для українських спеціалістів. До цієї групи віднесено трубчасту гладь, жакардовий трикотаж пресового переплетення та чотирьохрядний трикотаж визначеного рапорту на базі кулірної гладі, який чергує петлі та накиди. Останній вид трикотажу дуже широко застосовується у промислово-розвинутих країнах для легкого одягу і носить торгові найменування «кардіган» (США), «вафельний» чи «сотовий» (Англія).

3. Подвійні кулірні переплетення. Ця група налічує 49 трикотажних переплетень. У першу чергу, це ластики та інтерлоки різноманітних рапортів і, в тому числі, переплетення відомих торгових назв «решельє» (ластичне), «акордінг» та «байка» (інтерлочні).

У цій групі стандарт виділяє підгрупу комбінованих та похідно-комбінованих переплетень, які названі загальним для них терміном подвійного джерсі (double jersey, англ.). До них відносять переплетення на базі ластика з визначеним згідно рапорту чергуванням подвійних та одинарних рядів, наприклад, всім відомі міланський та напівміланський ластик, ластик «бурле» тощо. На базі інтерлоку представлено різноманітні види похідно-комбінованих переплетень та наведено їх геометричні образи і заправки, наприклад, шведське, французьке, бельгійське піке, «королівський інтерлок», «пункто-де-Рома» тощо.

Також у цій групі нормативний документ виділяє напівгардіан та гардіан на базі ластика, переплетення із зсувом, з перенесеними петлями, трикотаж з рельєфними рисунками та повний і неповний жакарди.

4. Трикотаж кулірних двовиворітних переплетень. До цієї групи віднесено платировані та неплатировані двовиворітні переплетення різних рапортів, наприклад, 1+2, 2+2. Особлива увага приділено полотнам, які відомі за торговими найменуваннями «махровий трикотаж», «плетений трикотаж» тощо. Також до цієї групи віднесені і відповідні жакардові полотна.

5. Одинарний основов'язаний трикотаж. У документі він нараховує близько 60 петельних структур. До цієї групи віднесено полотна односторонніх переплетень трико, сукно, атлас та їх похідних з повною чи неповним пробиранням гребінок, а також двогребінкові відомі гладкі переплетення для білизняного трикотажу, наприклад, сукно-сукно, трико-сукно, трико-шарме тощо. Причому під терміном «королівське сукно» окремо виділено полотна утокових переплетень: уток-сукно, уток-шарме і уток-4-трико. Ці переплетення є основою багатьох гардинно-мереживних полотен.

Окрему підгрупу складають переплетення трикотажу для рукавичок: «міланез» (атлас-атлас зустрічної кладки з повною проборою гребінок), атлас-атлас суконної кладки з пробиранням гребінок, фасонний атлас (комбінованих кладок).

У цій групі розміщені також широковідомі види трикотажу з фактурними рисунками «лускоподібний» (комбінація атласа трикової кладки з пресовими петлями), «плісе» (полотно з рельєфними повздовжніми смугами, які забезпечує переплетення комбінований уток-трико-трико з пробиранням гребінок згідно рапорту рисунка).

У стандарті задокументовані різні види утокового основов'язаного трикотажу (в тому числі з поперечними утоковими нитками через всю ширину полотна), який виготовляється для верхнього одягу.

Також включені найбільш вживані види одно- та двостороннього плюшу, у виробництві якого приймають участь голки, штеги, та гачки. Стандартизовано також трикотаж з каракулеподібною фактурою (торгове найменування – «astrakhan fabric, англ.), структура якого утворюється за рахунок прокладання спеціальними вушковими голками текстурованої товстої нитки у двогребінковий ґрунт трикотажу.

До групи одинарного основов'язаного трикотажу ввійшли також полотна ажурних та філейних переплетень, на базі яких виготовляють рашельні гардинні полотна, сітки різного призначення (від медичних до будівельних), а також різні види фірмових торгових марок, наприклад, «маркізет» (з квадратними вічками), «хоней» (з шестигранными вічками), «москіто» (зустрічні атласи з неповним пробиранням гребінок), «утоковий ажур» тощо.

Представлені також одинарні жакардові переплетення різних візерункових ефектів.

Великий інтерес для українських спеціалістів представляють трикотажні структури одинарних рашельних полотен технічного призначення, які в країнах Східної Європи ніколи не вироблялись. Це технічний трикотаж таких торгових назв, як «bi-axial fabric» (англ.) – двоосний з прокладеними повздовжніми та поперечними через усю ширину у вигляді прямих відрізків утоковими нитками, розміщеними між остовами і протяжками ланцюжків; «multi-axial fabric» (англ.) – багатоосний трикотаж, у якому утокові нитки розміщуються також і по діагоналям, а в місцях перетину скріплюються петлями ланцюжків; «reinforced fleece fabric» (англ.) – армований непряденою рівницею чи холстом, яка розміщується між лицьовою та виворітною стороною трикотажу. Ці технічні полотна часто називають композитним трикотажем.

6. Подвійний основов'язаний трикотаж на базі одинарних переплетень. Ця група детально описана у стандарті з рисунками і графічними записами подібно учбовому матеріалу підручників. До цієї групи міжнародний документ відносить трубчастий трикотаж з рашель-машин на базі одинарних переплетень та їх комбінацій. Також до цієї групи віднесли двошаровий чи анкерний трикотаж, різноманітні «гренадини» (лицьова сторона нагадує «піке», а виворітна має гладку фактуру) та трикотаж для рукавичок з торговим найменуванням «дуплекс» на базі атласів різноманітних кладок.

7. Подвійний (дволицьовий) основов'язаний трикотаж на базі ластичних переплетень. При цьому, в залежності від виду трикотажу, що виробляється, голки двофонтурних машин можуть розміщуватись у шаховому (ластичному) порядку чи в «потилицю» одна одній (інтерлочний порядок).

До цієї групи включені вертілочні легкі полотна, ластичне трико, рукавичні полотна «симплекс», а також рашельні ажурні полотна з неповним пробиранням гребінок, полотна з ажурними ділянками на площині трикотажу та, так звані, за торгове найменування рашельні піке «бурле» (фасонне полотно з різною щільністю петель з лицьової та виворітної сторін).

8. Двовиворітний подвійний основов'язаний трикотаж. Представлений класичний вид цього трикотажу та, як його варіант, переплетення з додаванням утокових поперечних ниток, які прокладені по всій ширині трикотажу.

9. Трикотаж кулірно-основов'язаних переплетень. Цей трикотаж виробляється на спеціалізованому круглов'язальному обладнанні і призначений для технічних цілей. Трикотаж має тканиноподібні властивості за рахунок комбінування основов'язаних та кулірних переплетень ланцюжка, трико, утокових, кулірної гладі.

Зазначимо, що така складна і багатогранна структура міжнародного стандарту різноманітних трикотажних полотен потребує знань ідентичності українських і міжнародних термінів та правильного їх застосування. При невиконанні цієї вимоги неможливо гармонізувати українську стандартизацію з міжнародною, що вимагається договорами України з Євросоюзом.

Ще раз відзначимо, що у цій роботі слабким помічником є стандарт України [4]. До ряду невідповідностей, додалися суттєві похибки в термінах назв переплетень трикотажних полотен українською мовою. Стандарт переплутав об'єднуючий іноземний термін «гладкі кулірні полотна» з терміном-назвою одного з видів кулірних переплетень – кулірна гладь. У результаті отримали ряд нових безглузвих українських термінів, наприклад, гладь інтерлочна, гладь ластикова тощо. Потім такі терміни загальною лексикою були переведені на іноземну мову і отримали нікому не зрозумілі фантазмагоричні поняття.

Не маючи змоги в статті навести усі помилки вітчизняного стандарту, в таблиці 1 наведено автентичні деякі основні терміни та визначення видів та переплетень трикотажних полотен.

Таблиця 1.

Стандартизовані англомовні терміни трикотажних полотен

Український термін чи визначення	Невідповідний переклад терміну на англійську мову стандартом ДСТУ 2219-93	Автентичний міжнародний термін згідно стандарту ISO 8388:1998 (E/F)
Кулірний трикотаж	flat Knitting fabric long Knitting fabric	weft-Knitted fabrics
Головне переплетення	main Knitting	термін відсутній в міжнародній класифікації
Похідне переплетення	derived Knitting	те саме
Комбіноване переплетення	combined Knitting	те саме
Кулірна гладь	plain Knitting	plain jersey fabric
Кулірне платироване переплетення	flat plaited Knitting	plated jersey fabric
Плюшеве трикотажне переплетення	plush Knitting fabric	terry fabric (в англійській термінології термін «плюш» означає торгову назву трикотажного чи тканого матеріалу з махровою або бархатистою поверхнею)
Двостороннє плюшеве переплетення	-	double-sided terry fabric
Трико-трико	-	full tricot
Сукно-сукно	-	full cord
Сукно-трико	-	cord-tricot (warp Knit)
Шарме (3-трико)-трико	-	satin-tricot
4-трико-трико	-	velvet-tricot

Висновки. Встановлені проблемні питання, які постануть перед українськими фахівцями при виконанні робіт з гармонізації української бази стандартів у трикотажній промисловості з міжнародними документами.

Дослідження автентичності української трикотажної термінології з визначеннями міжнародних документів довели нагальну необхідність внесення змін та перегляду стандартів України з термінології в текстильній та трикотажній промисловості.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про стандартизацію» від 05.06.2014 р. №1315-VIII.
2. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 26.11.2014 р. №1163-р.
3. ISO 8388:1998 (E/F) International Standard. Knitted fabrics – Types – Vocabulary. - Geneva.: ISO copyright office, 1998. – 85 p.
4. ДСТУ 2319-93 Полотна трикотажні. Види, в'язальне устаткування, переплетення. Терміни і визначення. – Київ.: Держстандарт України, 1993. – 70 с.
5. English-russian textile dictionary. Second edition. – М.: Fismatgiz, 1961. – 640 p.
6. ISO 4921:2000 International standard. Knitting – Basic concepts – Vocabulary. – Geneva.: ISO copyright office, 2000. – 32 p.
7. EN ISO 4921:2001E Knitting – Basic concepts – Vocabulary (ISO 4921:2000). – Brussels.: European committee for Standardization, 2001. – 36 p.

References

1. Zakon Ukrainy «Pro standartyzatsiiu» vid 05.06.2014 r. №1315-VIII.
2. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 26.11.2014 r. №1163.
3. ISO 8388:1998 (E/F) International Standard. Knitted fabrics – Types – Vocabulary. - Geneva.: ISO copyright office, 1998. – 85 p.
4. DSTU 2319-93 Polotna trykotazhni. Vydy, viazalne ustatkuvannia, perepletennia. Terminy i vyznachennia. – Kyiv.: Derzhstandart Ukrainy, 1993. – 70 p.
5. English-russian textile dictionary. Second edition. – М.: Fismatgiz, 1961. – 640 p.
6. ISO 4921:2000 International standard. Knitting – Basic concepts – Vocabulary. – Geneva.: ISO copyright office, 2000. – 32 p.
7. EN ISO 4921:2001E Knitting – Basic concepts – Vocabulary (ISO 4921:2000). – Brussels.: European committee for Standardization, 2001. – 36 p.

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА СТАНДАРТИЗАЦИИ ТРИКОТАЖА

ОМЕЛЬЧЕНКО В.Д.^{*}, ГАЛАВСКАЯ Л.Е.^{**}, РОЗСОХА Т.И.^{***}

^{*}Технический комитет 125 «Легкая промышленность»

^{**}Киевский национальный университет технологий и дизайна

^{***}Государственное предприятие «Киевский научно-исследовательский институт текстильно-галантерейной промышленности»

Цель. Рассмотреть международную законодательную практику определения видов трикотажа в сравнении с украинскими стандартами и предложить пути гармонизации отечественной документации.

Методика. Сравнительный анализ соответствия терминов и определений украинских стандартов терминам международных нормативных документов и аутентичности их перевода.

Результаты. Установлены различия и технические несоответствия украинских стандартов международным.

Научная новизна. Определены современные, аутентичные международным стандартам, термины и определения трикотажных переплетений при переводе украинской терминологии на английский язык.

Практическая значимость. Обеспечена аутентичность переводов терминов трикотажного производства при подготовке научно-технических и производственных документов. Определена целесообразность пересмотра украинского стандарта по терминам трикотажной промышленности.

Ключевые слова: гармонизация стандартов, трикотаж, переплетение, термины, аутентичность определений и терминов.

INTERNATIONAL PRACTICE OF STANDARDIZATION KNITWEAR

OMELCHENKO V.D., * HALAVSKA L.IE., ** ROZSOKHA T.I. ***

*Technical Committee 125 "Light industry"

**Kyiv National University of Technologies and Design

***A state enterprise is the "Kyiv research institute of textile-haberdashery industry"

Purpose. To examine the international legal practice of determining kinds of knitted fabrics in comparison with the Ukrainian standards and to propose ways of harmonizing the national documents.

Methodology. Comparative analysis of the terms compliance and definitions to Ukrainian standards with the international regulations terms and the authenticity of the translation.

Findings. To find differences and technical inconsistencies in Ukrainian international standards.

Originality. To define modern, authentic international standards, terms and definitions of knitted weaves with translating Ukrainian terminology in English.

Practical value. To provide knitting terms translation authenticity by preparation of the scientific, technical and production documents. Figure out necessity of the terms revising for Ukrainian standard knitting industry.

Key words: harmonization of standards, knitwear, interweaving, terms, definitions and terms authenticity.

УДК 677.07: 612

КУРГАНСЬКА М.М.*, БЕРЕЗНЕНКО С.М.*, МАЛІЙ А.О.**,
КУРГАНСЬКИЙ А.В.*, ВАСИЛЕНКО В.М.*

*Київський національний університет технологій та дизайну

** Головне управління розвитку та супроводження матеріального забезпечення ЗСУ

ОЦІНЮВАННЯ СУМІСНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕРСПЕКТИВНИХ КОМПЛЕКТІВ БОЙОВОГО СПОРЯДЖЕННЯ: АЕРОБНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОРГАНІЗМУ СУБ'ЄКТІВ

Мета. Визначити вагомість застосування показника аеробної продуктивності організму VO_2 тах та методів його визначення при оцінюванні сумісності елементів бойового єдиного комплекту ЗСУ і одягу спеціального призначення та їх відповідності тактико-технічним характеристикам.

Методика. Застосовано аналітичний огляд і загальну методологію системного підходу до проектування та оцінювання відповідності речового майна тактико-технічним вимогам та сумісності його елементів.

Результати. Встановлено вагомість застосування показника максимальної аеробної продуктивності при відборі суб'єктів для проведення досліджень та оцінювання ступеню їх тотожної навантаження.

Наукова новизна. Запропоновано шляхи удосконалення методу оцінювання відповідності комплектів одягу спеціального призначення тактико-технічним вимогам як інтегрованої сукупності кількісних і якісних показників (параметрів) його елементів.

Практична значимість. Застосування показника аеробної продуктивності VO_2 тах при відборі суб'єктів та контролю інтенсивності їх навантаження дозволить підвищити відтворюваність результатів досліджень відповідності комплектів одягу спеціального призначення як безпосередньо його елементів конструкції так і зміни динамічних характеристик текстильних пакетів матеріалів.

Ключові слова: одяг спеціального призначення, бойовий єдиний комплект, комфортність, ЗСУ, аеробна продуктивність, VO_2 тах.

Вступ. Оцінювання ступеню відповідності комплектів речового майна підрозділів ЗСУ та інших силових структур тактико-технічним характеристикам потребує розширення переліку критеріїв з урахуванням інтегрованої сукупності кількісних і якісних показників (параметрів) його елементів. На теперішній час дослідження проводяться за залишковим принципом, що спричинено здебільшого відсутністю підходів та критеріїв оцінювання.

Постановка завдання. Для характеристики функціонального стану та аеробної продуктивності використовується системний підхід, відповідно до якого функціональні можливості організму інтегрально відображають взаємодію чинників, що і є основою для проведення комплексних досліджень.

На теперішній час, в частині розробки речового майна, не проводиться оцінювання із застосуванням відповідного лабораторного обладнання або прогнозування значень аеробної продуктивності VO_2 тах. Такий показник доцільно оцінювати за здатністю зберігати оптимальні функціональні параметри в умовах впливу декількох чинників. Пряме вимірювання максимального споживання кисню VO_2 тах вважається найбільш точним методом оцінки аеробної здатності суб'єкта. Слід зауважити, що пряме вимірювання коштує дорого, забирає багато часу, вимагає високої мотивації суб'єкта, і не дозволяє проводити дослідження за участю великої кількості суб'єктів [1]. Так для оцінювання ступеню

відповідності параметрів мікроклімату в підодяговому просторі, величини теплового опору комплекту одягу, як критерію сумісності, застосовують системи вимірювання та моніторингу [2]. Відповідно, у ці системи можливо інтегрувати підсистему з оцінювання аеробної продуктивності суб'єкта. Показник $VO_2 \max$ застосовується для оцінювання ступеню відповідності та теплового стану взагалі [3,4] та при використанні засобів індивідуального РХБ захисту, ізолювальних костюмів, радіаційно-захисного одягу [5]. Показник застосовується також в роботах [4], де розглянуто вплив конструкції снігоступів на працездатність військовослужбовця та теплове навантаження від ступеню покриття одягом тіла (без одягу, частково та повністю вдягнений). З огляду на необхідність оцінювання інтегрованої сукупності кількісних і якісних показників комплектів бойового спорядження авторами [6] рекомендується застосування автоматизованого комплексу дистанційного моніторингу параметрів у системі «військовослужбовець-бойове екіпірування» неруйнівним методом.

Результати дослідження. Споживання кисню при м'язовій роботі збільшується, як відомо, пропорційно навантаженню. На показник $VO_2 \max$ впливають значна кількість факторів. З них найбільш важливими є такі [7]: інтенсивність вправ, спадковість, стан підготовки, стать, будова тіла, вік. Тому авторами [8] запропоновано суб'єктів розподілити на групи за показником $VO_2 \max$, що відображає найвище фізіологічно досяжне значення спожитого кисню. Також слід враховувати, що вікова динаміка аеробної продуктивності організму, за якими оцінюють фізичне здоров'я людини, суперечлива.

Існує значна кількість способів прогнозування показника $VO_2 \max$. Так, наприклад, для оцінювання впливу носіння костюму пожежника, на відміну від звичайного робочого одягу, проводиться за методикою Bruce Treadmill Test [9,10]. За цим тестом суб'єкти виконують вправи до знемоги на біговій доріжці за фіксованим протоколом трьох хвилинних етапів підвищення швидкості і кута нахилу. Оцінкою тесту є тривалість часу на біговій доріжці і може бути використана для оцінювання величини $VO_2 \max$. Під час випробування також реєструються: частота серцевих скорочень, артеріальний тиск і рейтинги сприйманого навантаження [11]. Цей тест не використовується для проведення досліджень у статичі.

За протоколом цього тесту рівняння для визначення $VO_2 \max$ [9,10]:

Для чоловіків:

$$VO_2 \max = 14,8 - (1,379 \times T) + (0,451 \times T^2) - (0,012 \times T^3) \quad [1]$$

Для жінок:

$$VO_2 \max = 4,38 \times T - 3,9, \quad [2]$$

де T - загальний час на біговій доріжці, вимірюється в частках хвилини.

Тест також використовується у педіатричній практиці та відноситься до непрямих тестів, який оцінює $VO_2 \max$, використовуючи рівняння, а не за допомогою прямих вимірювань, які вимагають збору і вимірювання об'єму та концентрації вдихуваного кисню і повітря, що видихається. Так визначається кількість кисню спожитого спортсменом.

В таблиці 1 наведено норми $VO_{2\max}$ для чоловіків [10].

Таблиця 1

Норми $VO_2 \max$ для чоловіків [10]

Вік, років	Норми $\text{VO}_2 \text{ max}$ для чоловіків, $\text{мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1}$					
	Дуже погано	Погано	Добре	Дуже добре	Відмінно	Покращений
13-19	<35.0	35.0-38.3	38.4-45.1	45.2-50.9	51.0-55.9	>55.9
20-29	<33.0	33.0-36.4	36.5-42.4	42.5-46.4	46.5-52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5-35.4	35.5-40.9	41.0-44.9	45.0-49.4	>49.4
40-49	<30.2	30.2-33.5	33.6-38.9	39.0-43.7	43.8-48.0	>48.0
50-59	<26.1	26.1-30.9	31.0-35.7	35.8-40.9	41.0-45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5-26.0	26.1-32.2	32.3-36.4	36.5-44.2	>44.2

Також застосовується 1-Mile Walking Test, який вимірює аеробний рівень фізичної підготовки на основі того, наскільки швидко суб'єкт може пройти одну милю в субмаксимальній (помірної) інтенсивності [12]. Цей тест дозволяє прогнозувати показник $\text{VO}_2 \text{ max}$. Застосовується також The Rockport Walking Test (RW) для прогнозування значення аеробної продуктивності $\text{VO}_2 \text{ max}$. Тест ідеально підходить для використання з великими групами суб'єктів [13].

$$\text{VO}_2 \text{ max} = 132,853 (0,0769 \times W) (0,3877 \times A) + (6,315 \times G) (3,2649 \times T1) (0,1565 \times \text{HRpeak}), \quad [3]$$

де W = маса тіла у фунтах;

A = вік, роки;

G = стать; 0 = жінки, 1 = чоловіки;

T1 = час для 1-mile track walk виражається в хвилинах і сотих частках хвилини;

HRpeak = пік частоти серцевих скорочень в уд/хв в кінці ¼ милі.

Відбір суб'єктів для випробувань пропонується проводити на основі показника $\text{VO}_2 \text{ max}$ [7,4]. Так для досліджень впливу величини вентиляційних отворів одягу на терморегуляцію під час тренування було обрано суб'єкти з показником $\text{VO}_2 \text{ max}$ рівним $51,0 \pm 1,5 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1}$. За результатами встановлено ступінь впливу окремих параметрів конструкції на тепловіддачу організму, але на жаль не встановлено залежності між ними та розмірними ознаками суб'єкта.

Авторами [14] проведено дослідження впливу матеріалу одягу на параметри дихання і значення частота серцевих скорочень під час фізичних зусиль. Дослідження також супроводжувались передуючим анкетним опитуванням з метою оцінювання суб'єктивного сприйняття фізіологічного комфорту в залежності від типу одягу під час тесту на біговій доріжці та оцінки загального настрою і самопочуття суб'єктів в цей конкретний день.



Рис.1. Дослідження максимальної аеробної продуктивності $VO_2 \max$ [13,15]

Суттєвим є дотримання певного діапазону енерговитрат в залежності від величини максимального споживання кисню $VO_2 \max$ для досягнення максимальної відтворюваності досліджень. Цей діапазон може бути застосований для тестування одягу спеціального призначення та відповідно його удосконалення. Також це дозволить більш точно визначати межі та інтенсивність навантажень на організм суб'єкта при застосуванні принципу зонально-диференційованого розташування елементів бездротових сенсорних мереж, щоб врахувати анатомію, біомеханіку людини та визначати ступінь його навантаження.

Висновки. Аналіз досліджень та наукових публікацій свідчить про існуючу проблему розробки одягу спеціального призначення та речового майна, що має передбачати поняття сумісності з виробами, що використовуються у поєднанні. Застосування $VO_2 \max$ дозволить розширити базу показників для аналізу відповідності їх тактико-технічним вимогам та сумісності виробів у системі та підвищити відтворюваність результатів досліджень. Запропоновано інтегрувати показник максимальної аеробної продуктивності організму до методу оцінювання відповідності комплектів одягу спеціального призначення тактико-технічним вимогам як інтегрованої сукупності кількісних і якісних показників (параметрів) його елементів.

Список використаних джерел

1. Kline G. M. et al. Estimation of $VO_{2\max}$ from a one-mile track walk, gender, age, and body weight //Med Sci Sports Exerc. – 1987. – Т. 19. – №. 3. – С. 253-259
2. Курганський А. В. Принцип зонально-диференційованого розташування елементів бездротових сенсорних мереж моніторингу мікроклімату під одягом / А. В. Курганський, С. М. Березненко, М. М. Курганська // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. - 2016. - № 5 (102). - С. 118-125.
3. Douglas L., Krahenbuhl C. S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes //Medicine and science in sports and exercise. – 1980. – Т. 12. – №. 5. – С. 357-360.
4. Montain S. J. et al. Physiological tolerance to uncompensable heat stress: effects of exercise intensity, protective clothing, and climate //Journal of Applied Physiology. – 1994. – Т. 77. – №. 1. – С. 216-222.

5. Patton J. F. et al. Energy cost of wearing chemical protective clothing during progressive treadmill walking //Aviation, space, and environmental medicine. – 1995. – Т. 66. – №. 3. – С. 238-242.
6. Курганський А. В. Інноваційні біометричні пакети текстильних матеріалів та виробів для комплексного оцінювання тактико-технічних властивостей речового майна військовослужбовців / А. В. Курганський. — Наука: безпека країни та розвиток військово-промислового комплексу: Інформаційно-комунікативний захід (м. Київ, 12-13 жовтня 2016) / відп. ред. В.С.Шовкалюк. — К.: ТОВ «Міжнародний виставковий центр», 2016. — С. 85-86.
7. Gavin T. P. et al. Clothing fabric does not affect thermoregulation during exercise in moderate heat //Medicine and science in sports and exercise. – 2001. – Т. 33. – №. 12. – С. 2124-2130.
8. Day J. R. et al. The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue //Journal of applied physiology. – 2003. – Т. 95. – №. 5. – С. 1901-1907.
9. Bruce R. A. Multi-stage treadmill test of submaximal and maximal exercise //Exercise testing and training of apparently healthy individuals: a handbook for physicians. – 1972. – С. 32-34.
10. Bruce treadmill test protocol – Glendale [Електронний ресурс]: Bruce treadmill test protocol.:Режим доступу: http://www.glendaleaz.com/HealthCenter/documents/Bruce_treadmill_test_protocol.pdf. – Назва з екрана.
11. Borg G. A. Psychophysical bases of perceived exertion //Med sci sports exerc. – 1982. – Т. 14. – №. 5. – С. 377-381.
12. Widrick J. et al. Treadmill validation of an over-ground walking test to predict peak oxygen consumption //European journal of applied physiology and occupational physiology. – 1992. – Т. 64. – №. 4. – С. 304-308.
13. VO₂ Arena? - The Woodland Clinic [Електронний ресурс]: VO₂ Arena.: Режим доступу: <http://www.thewoodlandclinic.co.uk/blog/vo2-arena>. – Назва з екрана
14. Ciesielska I., Mokwiński M., Orłowska-Majdak M. Influence of different kind of clothing material on selected cardiovascular, respiratory and psychomotor parameters during moderate physical exercise //International journal of occupational medicine and environmental health. – 2009. – Т. 22. – №. 3. – С. 215-226.
15. Patterson M. J. et al. Gender and physical training effects on soldier physical competencies and physiological strain. – Defence science and technology organisation victoria (australia) human protection and performance div, 2005. – №. DSTO-TR-1875

ОЦЕНКА СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОМПЛЕКТОВ БОЕВОЙ ЭКИПИРОВКИ: АЭРОБНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ОРГАНИЗМА СУБЪЕКТОВ

КУРГАНСКАЯ М.Н.*, БЕРЕЗНЕНКО С.Н.*, МАЛИЙ А.О.,
КУРГАНСКИЙ А.В.*, ВАСИЛЕНКО В.Н.***

* Киевский национальный университет технологий и дизайна

** Главное управление развития и сопровождения материального обеспечения ВСУ

Цель. Определить весомость использования показателя аэробной продуктивности организма VO_{2max} и методов его определения при оценке совместимости элементов боевого единого комплекта ВСУ и одежды специального назначения и их соответствия тактико-техническим характеристикам

Методика. Использовано аналитический обзор и общую методологию системного подхода к проектированию и оцениванию соответствия вещевого имущества тактико-техническим характеристикам

Результаты. Определенно весомость использования показателя максимальной аэробной продуктивности при отборе субъектов для проведения исследований и оценивания их тождественной нагрузке.

Научная новизна. Предложено пути усовершенствования метода оценивания соответствия комплектов одежды специального предназначения тактико-техническим требованиям как интегрированной совокупности количественных и качественных показателей (параметров) его элементов

Практическая значимость. Использование показателей аэробной продуктивности (VO_{2max}) при отборе субъектов и контроле интенсивности их нагрузке разрешит повысить воспроизводимость результатов исследований соответствия комплектов одежды специального назначения как непосредственно его элементов конструкции, так и изменений динамических характеристик текстильных пакетов материалов

Ключевые слова: одежда специального назначения, боевой единый комплект, комфортность, ВСУ, аэробная продуктивность, VO_{2max} .

THE FUTURE COMBAT UNIFORM SYSTEMS: INTEROPERABILITY EVALUATION OF SUBSYSTEMS WITH SOLDIER'S AEROBIC CAPACITY

KURGANSKA M.M.*, BEREZNENKO S.M.*, MALIY A.O.**,
KURHANSKYI A.V.*, VASYLENKO V.M.*

*Kiev National University of Technologies and Design

** Headquarters of the Development and Maintenance, Armed Forces of Ukraine

Purpose. It is to determine the importance of target aerobic performance VO_{2max} and methods of its determination in assessing the compatibility of the elements of combat uniform and sets of the Armed Forces of Ukraine special purpose and their compliance with tactical and technical characteristics.

Methodology. There has been applied analytical overview and general methodology of systematic approach to design and conformity assessment of real property tactical and technical requirements and interoperability of its elements.

Findings. It has been found out the application importance of the maximum aerobic performance in the selection of subjects for research and evaluation of the degree of their identical loading.

Scientific novelty. There have been suggested some ways of improving the method of assessing compliance with a set of clothes special purpose tactical and technical requirements as an integrated set of quantitative and qualitative indicators (parameters) of its elements.

Practical value. The use of indicator aerobic performance VO_{2max} in the selection and control of their loading intensity will increase the reproducibility of research results matching sets of special purpose clothing directly its structural elements and changes the dynamic characteristics of textile materials packages.

Keywords: VO_{2max} , wireless sensor network, protective clothing, military clothing, comfort, maximal oxygen consumption.

УДК 536:006

ХІМІЧЕВА Г.І., МИХАЛКО А.О., СУПРУНЕЦЬ М.Г.

Київський національний університет технологій та дизайну

УДОСКОНАЛЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ КОМПЛЕКСНОЇ ТУРИСТИЧНОЇ ПОСЛУГИ

Мета. Розробка принципів і підходів щодо удосконалення класифікації індустрії туризму та визначення структурних складових комплексної туристичної послуги з урахування швидкозмінних вимог споживача.

Методика. Аналіз сучасних літературних джерел, щодо існуючих класифікацій туристичних послуг, вивчення особливостей побудови класифікацій, методи соціологічних досліджень і системного аналізу.

Результати. Запропоновано удосконалену класифікацію структурних складових туристичної індустрії на основі застосування єдиного критерію – швидкозмінні вимоги споживача.

Наукова новизна. Вибраний і обґрунтований критерій (швидкозмінні вимоги споживача), що властивий всім ознакам туристичних послуг, дозволяє на своїй основі об'єднати і класифікувати всі сім сегментів індустрії туристичного бізнесу.

Практична значущість. Запропонована класифікація може використовуватися в якості передумови для впорядкування структури і змісту стратегічних планів розвитку сфери туризму.

Ключові слова: туризм, індустрія, класифікація, критерії, швидкозмінні вимоги споживача.

Вступ. У сфері туристичної індустрії зайнято більше ніж 200 мільйонів осіб, що складає понад 8% від всієї кількості існуючих робочих місць. Слід зазначити, що створення одного робочого місця в індустрії туризму обходиться у 20 разів дешевше, ніж у сфері виробництва, тому вже через 12-15 років в суміжних з нею галузях може працювати від 750 мільйонів до 1,5мільярдів працівників. [1,2,3].

Ці показники, на нашу думку, досягнуті багато в чому завдяки існуючій великій різноманітності видів і форм туризму. Сьогодні кожному мешканцю планети легко знайти нішу для себе в цій багатофункціональній сфері (чи то організація турів, робота на підприємствах інфраструктури галузі, або участь у різноманітних поїздках і подорожах). Таке різноманіття видів і форм туристичної індустрії потребує постійного удосконалення класифікації її діяльності, у зв'язку із швидкозмінними вимогами споживача.

Згідно [1,4] класифікація в туризмі визначає виявлення його окремих форм та видів залежно від основного показника – критерію.

Проведений аналіз наукових джерел доводить, що на сьогодні існують описи класифікацій туризму, засновані на різних ознаках. Одні з них відносяться до індустрії розміщення і дозволяють описати її, виходячи з розташування готельних підприємств, типу і рівня їх обслуговування. Інші забезпечують повний комплекс додаткових і основних послуг для забезпечення задоволеності потреб туриста, у тому числі і страхових, транспортних перевезень, індустрії харчування і т.д.

Так, наприклад, Дж. Уокер класифікує туристичну індустрію виходячи з основних видів активності, що пропонує туризм, але не включає в структуру туристичні організації [5].

В працях В.І. Азара, В.А. Квартальнова і В.М. Козирьова туристична індустрія визначається як «...экономическая система, состоящая из комплекса отраслей и подразделений, функции которых заключаются в удовлетворении разнообразного и усложняющегося спроса на различные виды отдыха и развлечений» [4].

У класичному трактуванні туризму закладена одна з найпоширеніших ознак його класифікації – це диференціювання видів туризму за цільовою спрямованістю. Дана ознака лежить в основі класифікацій Всесвітньої туристської організації (ЮНВТО) [6], Біржакова М.Б. [1], Квартального В.А. [4], і ряду інших авторів.

Таким чином, в ході дослідження була виявлена суперечність між класифікацією видів і форм туризму і скоординованій їй видовій структурі, що на нашу думку потребує вдосконалення наявних класифікацій з урахуванням швидкозмінних вимог споживачів в туристичній діяльності, розвитку суспільства в цілому і тур індустрії зокрема.

Постановка завдання. Мета роботи – розробка принципів і підходів щодо удосконалення класифікації індустрії туризму та визначення структурних складових комплексної туристичної послуги з урахування швидкозмінних вимог споживача.

Результати та їх обговорення. Критичний аналіз вітчизняних і зарубіжних наукових джерел показав, що на сьогодні існує достатньо велика кількість фахівців, що займаються питаннями класифікації туристичної індустрії за її видами, формами і типами, використовуючи при цьому ті або інші критерії.

Проте, незважаючи на велику кількість публікацій, з цієї проблеми, результатів експертних і соціальних досліджень, на жаль, на сьогоднішній день не розроблена класифікація яка б повно і адекватно відображала дійсну структуру і різноманітність діяльності туристичної галузі та враховувала б інтереси споживача.

В ході досліджень нами було запропоновано структурувати всю галузь туристичної діяльності на 7 основних груп (сегментів). Далі для кожного із сегментів за допомогою фасетних методів та принципів TQM був вибраний критерій – швидкозмінні вимоги споживача і на його основі було досліджено кожну групу (сегмент) туристичної індустрії.

Перша група – індустрія розваг. Сьогодні в літературі немає єдиної класифікації організацій індустрії відпочинку і розваг. Кожен автор пропонує своє бачення структури індустрії, віддаючи перевагу тим чи іншим бізнес сферам і її складовим. Проте, досвід розвитку індустрії розваг в різних країнах дозволяє представити склад її самостійних одиниць. В роботі [7] пропонується під індустрією розваг розуміти сукупність підприємств, що надають та реалізують продукт, який задовольняє потребу в самовираженні соціально-захищених груп соціуму у вільний від робочого процесу час.

До індустрії розваг відносяться організації, чия основна діяльність пов'язана із задоволенням потреб людини в розвагах. Проаналізувавши розвиток комплексу послуг індустрії розваг запропоновано класифікувати її за напрямом діяльності, що відповідає швидкозмінним вимогам споживача на:

- самостійні підприємства індустрії розваг (цирки, зоопарки, атракціони, парки відпочинку, тематичні парки)
- видовищні підприємства (театри, кінотеатри, концертні колективи та ін.)
- спортивно-видовищні – стадіони

- культурно пізнавальні (музеї, виставки і т.д.)
- спортивні (басейни, спортклуби і ін.)

Такий підхід до структурування індустрії відпочинку і розваг відповідає сучасним тенденціям розвитку туристичної галузі і дозволяє підвищити рівень результативності менеджменту в умовах переходу від «управління витратами» до «управлінню результатами». Таким чином, головні компоненти індустрії відпочинку і розваг: люди, соціальні групи, організації і фірми.

Друга група – транспорт. Туризм не можливий без переміщення людей з одного місця в інше як всередині країни, так і за її межами. Законодавства ряду Європейських країн (наприклад, Франції і Італії) відносять транспортні послуги до числа основних послуг, що надаються мандрівникові. Це пов'язано з тим, що в усьому світі виїзний туризм є дуже популярний і з кожним роком зростає число туристів, які обирають саме цей вид подорожі. Тому послуги щодо перевезень туристів є невід'ємною складовою туристичної індустрії. Адже, всі туристичні маршрути (крім пішохідних) передбачають наявність використання транспорту для доставки подорожуючих до місця відпочинку чи екскурсії та повернення додому.

Класифікація транспортних засобів, що враховує швидкозмінні вимоги споживача до якості і безпечності транспортних послуг наведена на (рис.1.)



Рис.1. Класифікація транспортних засобів

Третя група – страхування. Страхування є основною формою забезпечення безпеки туриста у країні (місці) тимчасового перебування. Воно має на меті покриття збитку, що обумовлюється несприятливими, наперед передбаченими подіями, що притаманні туристичній діяльності [8]. На сьогодні, у зв'язку з прискореним розвитком індустрії розваг і застосуванням різних форм і видів транспортування туристів страхування стає все більш пріоритетним і важливим. Тому виділення у видовій класифікації туризму сегменту

страхової діяльності, є, на нашу думку, досить доцільним та спрямованим на захист життя і безпеки потенційних туристів.

На (рис.2) наведено класифікацію видів страхування, що застосовуються у туризмі залежно від об'єктів страхування. Дана класифікація також враховує швидкозмінні вимоги споживача (туриста) в залежності від обраної ним туристичної послуги.



Рис.2. Види страхування, що застосовуються у туризмі

Четверта група – індустрія розміщення. Центральне місце в комплексі послуг, що надаються туристам під час подорожі займає розміщення. На його частку припадає близько 68% всіх надходжень від туризму. Відомо, що будівництво нових готельних закладів істотно підвищує привабливість туристського напрямку, тобто збільшує потік туристів [9].

У різноманітті наявних засобів розміщення особливе місце належить готельній індустрії. Вона, як вид економічної діяльності, включає в себе надання готельних послуг і організацію короткострокового проживання в готелях, кемпінгах, мотелях, будинках для приїжджих і т.п. Засоби розміщення безпосередньо залежать від вимог споживача і дозволяють своєчасно виявити попит на найбільш привабливі види розміщення.

На рис.3 наведено класифікацію засобів розміщення згідно вимог ЮНВТО.



Рис. 3. Стандартна класифікація засобів розміщення туристів відповідно до вимог ЮНВТО

П'ята група – індустрія готельних послуг. Туризм – сфера діяльності, де послуги відіграють важливу роль. В умовах розвитку туристичного ринку успіх окремих готельних підприємств на зовнішньому і внутрішньому ринках повністю залежить від того, наскільки послуги, що ним надаються відповідають стандартам якості та забезпечують вимоги споживача. При цьому необхідно враховувати те, що підвищення якості – завдання довгострокове і безперервне. Основою послуг є те, що виробництво і використання в потрібному випадку збігаються у часі. Незважаючи на різноманітність асортименту додаткових послуг, їх доцільно розділити на групи, що мають загальні риси з точки зору задоволення попиту на них.

Отже, послуги підприємств готельного бізнесу доцільно класифікувати на: основні, супутні, додаткові послуги та послуги в широкому розумінні (рис.4).



Рис.4. Класифікація послуг підприємств готельного господарства за рівнями

Як видно з рис.4 основні послуги – це обсяг послуг, які включаються в ціну номера або місця (проживання) і надаються споживачу згідно зі складеним договором. Додаткові послуги – це обсяг послуг, які не належать до основних, замовляються і оплачуються споживачем додатково за окремим договором (наприклад, користування побутовими приладами).

Перелік додаткових послуг значно відрізняється у різних за видами та категоріями готелях. Готелі категорії «Люкс» або «5 зірок» повинні надавати всі додаткові послуги самостійно. Для цього вони повинні мати розгалужену мережу підрозділів, що виробляють і реалізують велику кількість різноманітних додаткових послуг (перукарню, ресторан, кафе, бар, відділення зв'язку та банку, магазин, кіоски, хімчистку, касу з продажу квитків на всі види транспорту тощо). Готелі, що не можуть самостійно виконувати весь комплекс додаткових послуг, укладають договори на надання відповідних послуг із комунально-побутовими, транспортними, банківськими, торговельними підприємствами й закладами культури та ін.

За способом надання додаткові послуги можуть бути платними та безплатними. До безплатних послуг належать: зберігання багажу в камерах схову; виклик швидкої допомоги; доставка до номеру термометра, медикаментів першої необхідності і т.д.

Детальний перелік додаткових послуг представлений на рис. 5.

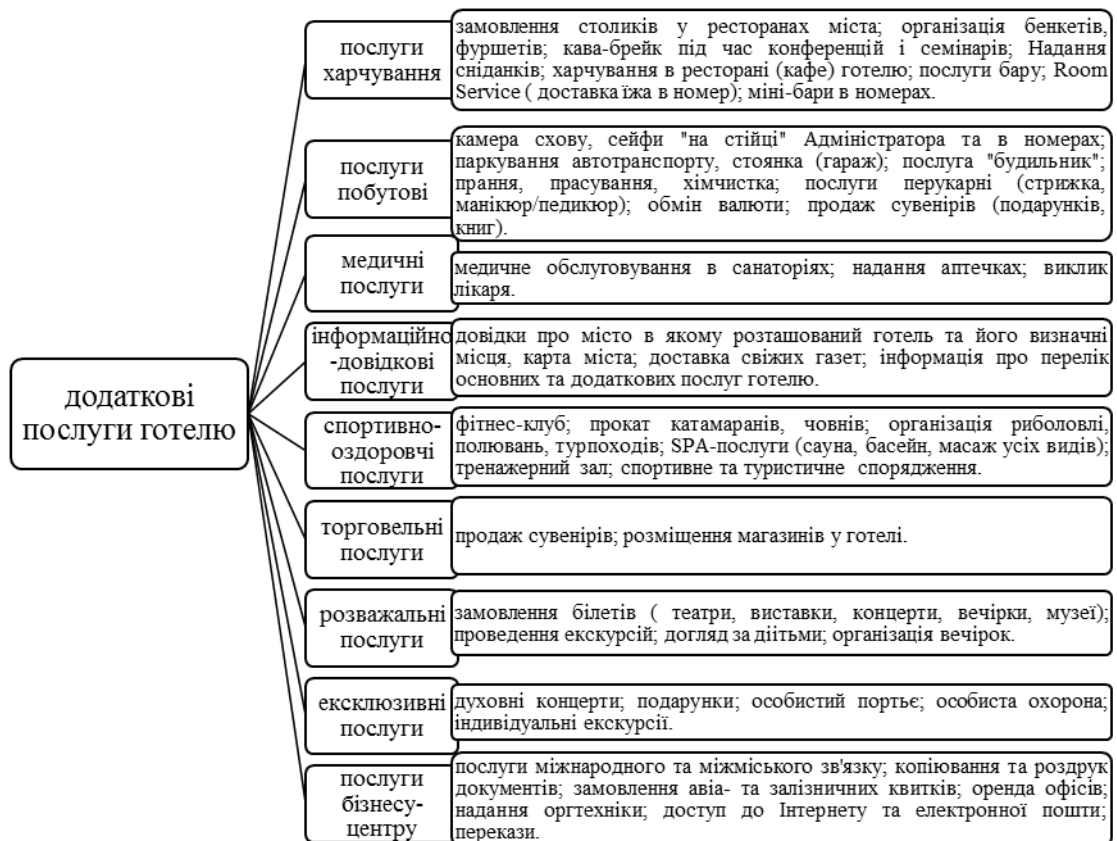


Рис.5. Додаткові послуги структурних підрозділів готелю

Як видно з рис.5 додаткові послуги структурних підрозділів готелю включають в себе широкий спектр індустрії туризму, зокрема, частково охоплюють індустрію розваг.

Таким чином, з урахуванням швидкозмінних вимог споживача і підвищенням своєї якості і конкурентоспроможності готельні послуги повинні мати не тільки високий рівень комфорту, але й широкий набір додаткових послуг.

Шоста група - індустрія харчування. В залежності від ролі послуг в процесі виробництва і характеру вимог, що задовольняються, харчування займає особливе місце, поєднуючи сферу послуг матеріального виробництва (приготування їжі), сферу послуг духовного життя (додаткові послуг, шоу-програма, концерти), і сферу послуг в соціальній сфері (надання послуг харчування в лікарнях).

З кожним роком запити мандрівників, на думку багатьох дослідників і працівників тургалузі, стають все різноманітнішими, а вимоги споживачів до організації харчування все більш високими у зв'язку з їх все зростаючою обізнаністю і накопиченим попереднім досвідом подорожей. Для класифікації підприємств харчування туристичної індустрії використовується ряд критеріїв. Найважливішим з них є характер торгово-виробничої

діяльності, залежно від якого всі підприємства харчування поділяють на такі типи: ресторан; кафе; бар;буфет; їдальня та ін.

Для кожного типу підприємств харчування за цією ознакою класифікації характерний відповідний асортимент блюд і напоїв, застосовувані форми обслуговування, місце розташування.

Виділення в туристичній галузі індустрії харчування продиктоване виключно умовами часу і запитами ринку і є найбільш зрозумілим і важливим для споживачів.

Сьома група - екскурсійні послуги. Цей сегмент не можна не виділити як окрему складову туристичної індустрії, тому що екскурсійні послуги приваблюють собою велику частку споживачів туристичного продукту і постійно змінюються в залежності від їх смаків. До складу туристичних послуг, згідно міжнародних стандартів, входять екскурсії, походи і подорожі. Екскурсійна діяльність має свої характерні ознаки: зміст, тематику, склад учасників, місце проведення, тривалість за часом, форму проведення, спосіб пересування.

Класифікація екскурсійної діяльності наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація екскурсій

ЕКСКУРСІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ				
За змістом	За тематикою	За місцем проведення	За формою проведення	Кількісний склад
Оглядові (багатопланові); Тематичні; Спеціальні	Природознавчі; Історичні; Літературні; Художні; Екологічні; Виробничі і т.д.	Містом; За містом; На місцевих маршрутах (інформація на шляху); Музейні; Виробничі і т.д.	Традиційні; Навчальні; Рекламні; Екскурсії-лекції; Екскурсії-прогулянки; Екскурсії-концерти і т.д.	Індивідуальні; Групові.
За тривалістю		За способом пересування		За контингентом
До 1 години; Від 1 години до 6 годин; Більше ніж 6 годин (але не більше 1 доби).		Пішохідні; З використанням транспортних засобів; Комбіновані.		Для місцевих; Для немісцевих; Для іноземців; Для школярів, студентів; Для інвалідів і т.д.

Як доводить міжнародний досвід надання екскурсійних послуг з урахуванням можливостей і вимог споживачів є більш ефективним і затребуваним.

Проте, всі вище наведені сегменти туристичної індустрії не можуть бути взаємопов'язаними між собою без таких складових як: туropolерейтинг, туристичні агентства та глобальні комп'ютерні мережі.

Туropolерейтинг – це туристське підприємство, що ставить собі за мету формування туристичного продукту і просування його до споживачів. Туropolерейтинг включає в себе всі аспекти життєвого циклу турів, такі як аналіз попиту на туристичному ринку; вибір партнерів, постачальників, перевізників, страхових компаній, агентів і агентських компаній, укладання з ними угод; розробка конкурентоспроможного продукту (туру), формування комплексу послуг, що включаються до складу туру, підготовка програм, рекламних та інформаційних матеріалів, складання планів реалізації і просування туристичного продукту

на ринок, планування і побудова системи збуту, продаж турів, обслуговування клієнтів на стадії продажу, ведення переговорів з потенційними клієнтами, обслуговування клієнтів під час надання туристичних послуг, а також застосування новітніх технологій продажів.

Туристські агентства - підприємства з продажу туристичних продуктів, туристські магазини. Від їх можливостей, компетентності та надійності в значній мірі залежать вибір споживачів, а значить, і можливості з продажу всіх інших учасників.

Глобальні комп'ютерні мережі - системи бронювання і резервування, які можуть в перспективі стати альтернативним (по відношенню до туроператорам і турагентам) каналом реалізації турпродукту. Використання мережі Інтернет в останні роки - це ефективний спосіб реклами турпродукту. Першим і одним з найбільш важливих кроків тут є створення сайту турфірми.

Найбільш популярна система бронювання «on-line», коли прямо на сайті зареєстрований агент може миттєво подивитися інформацію про наявність місць на певні дати і швидко замовити тур. Одним з основних видів реклами в мережі Інтернет є банерна реклама. Інформаційні технології в туризмі вже давно використовуються за кордоном.

Таким чином, результати проведених досліджень доводять, що всі сегменти туристичної індустрії взаємопов'язані і залежать від одного критерію – швидкозмінні вимоги споживача. Повне і всебічне задоволення туристських потреб вимагає злагодженої роботи всієї сукупності засобів, об'єктів і організацій індустрії туризму. Узагальнена класифікація всіх семи сегментів туристичної індустрії наведена на (рис.6).

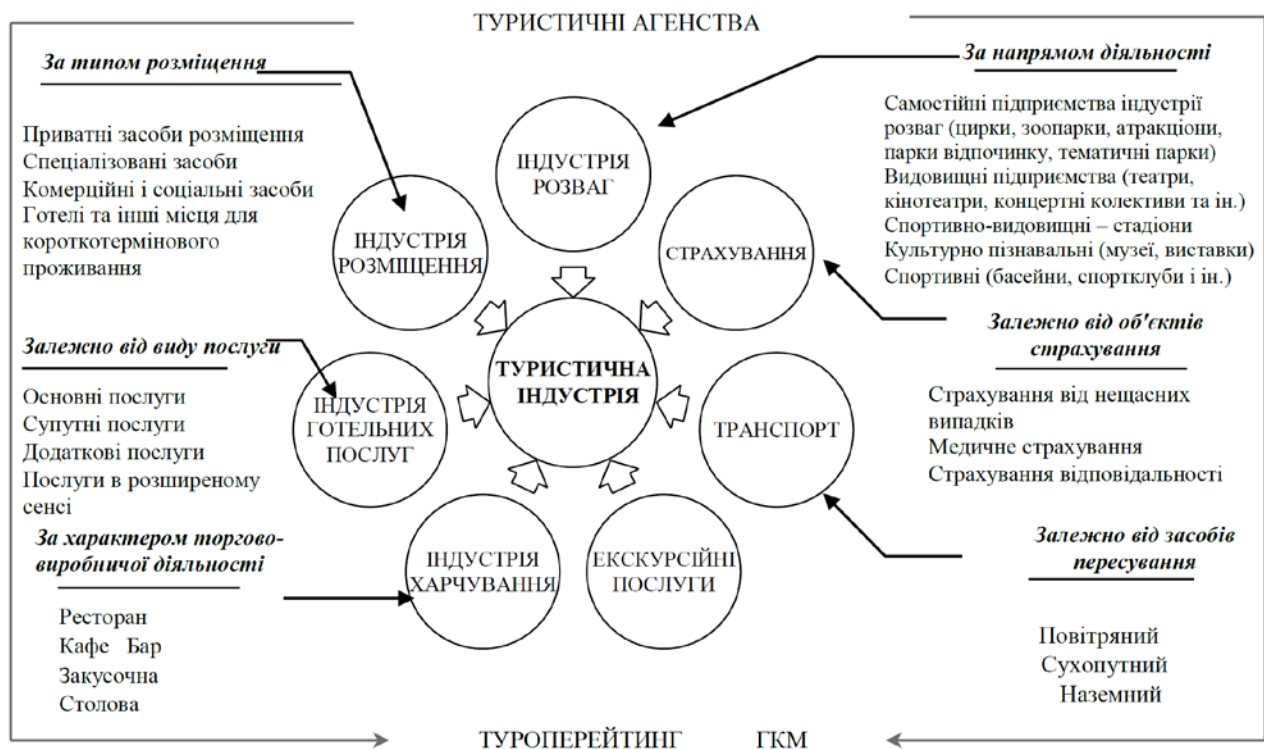


Рис.6. Удосконалена класифікація туристичної індустрії за критерієм – швидкозмінні вимоги споживача

Як видно з рисунку застосування критерію швидкозмінні вимоги споживача дозволяє об'єднати всі класифікаційні ознаки туристичної індустрії в одне ціле. Дотримання цього критерію сприяє підвищенню якості і конкурентоспроможності туристичного продукту, як на внутрішньому так і на зовнішньому ринку, і робить його більш цікавим і затребуваним для потенційного споживача.

Висновки. Проведені дослідження доводять, що в якості об'єднуючого критерію туристичних послуг доцільно застосовувати швидкозмінні вимоги споживача. Такий підхід дозволяє удосконалити класифікацію як окремих сегментів туристичної індустрії, так і комплексної туристичної послуги в цілому.

Удосконалена класифікація може бути передумовою для впорядкування структури і змісту стратегічних планів розвитку сфери туризму.

Список використаної літератури

1. Биржаков М.Б. Введение в туризм / Биржаков М.Б. – СПб.: «Издательский дом Герда», 2001. – 320 с.
2. Восколович Н.А. Маркетинг туристских услуг / Восколович Н.А. – М.: Экономический факультет МГУ, ТЕИС, 2001. – 167 с.
3. Франжіаллі Франческо. Тенденції розвитку міжнародного туризму. Лекція Генерального секретаря ВТО / Франжіаллі Франческо. – Київ.: КУТЕП, 2002.- 25с.
4. Квартальнов В.А. Туризм: Посібник. / Квартальнов В.А. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 320 с.
5. Уокер Дж. Введение в гостеприимство / Уокер Дж. – М.: ЮНИТИ, 1999.
6. WTO. Recommendations on Tourism Statistics». Madrid. 1993
7. Стальная В. А. Экономика «впечатлений»: особенности становления и проблемы развития отечественной индустрии развлечений / Стальная В. А. // Проблемы современной экономики — 2009. № 1 (29)
8. І.М. Писаревський. Організація туризму: підручник / І.М. Писаревський, С.О. Погасій, М.М. Покоłodна та ін.; за ред. І.М. Писаревського. – Х.: ХНАМГ, 2008. – 541 с.
9. Державна служба статистики України : [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.

References

1. Byrzhakov M. B. Introduction to Tourism. «Publishing Home Gerd", 2001. – P. 320.
2. Voskolovich N.A. Marketing services turystskyh. M .: the Economic Faculty of Moscow State University, TEIS, 2001. - 167 pp.
3. Francesco Frangialli. Trends in international tourism. Lecture Secretary WTO. KUTEL Kyiv, 2002.- 25 p.
4. Quarterly V.A. Tourism: Guide. /M.: Finance and Statistics, 2000. – P. 320.
5. Walker J. Introduction to hostepryymstvo. N .: UNITY 1999.
6. WTO. Recommendations on Tourism Statistics ». Madrid. 1993– P. 134.

7. Stalnaya V. A. Economy "impressed": Features of Formation and development problems Patriotic Industriia razvlechenyy / Steel VA. Problems of Modern Economy - 2009. № 1 (29).
8. Pisarevskii I.M., Quench S.O., Pokolodna N.M. etc. Organization of tourism: a textbook /Ed. IM Pisarevsky. - KSAME, 2008. – P. 541.
9. Derzhavna sluzhba statistiki Ukraïni : [elektronnij resurs]: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСНОЙ ТУРИСТИЧЕСКОЙ УСЛУГИ

ХИМИЧЕВА Г.И., МИХАЛКО А.О., СУПРУНЕЦ М.Г.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка принципов и подходов для усовершенствования классификации индустрии туризма и обоснования структурных составляющих комплексной туристской услуги с учетом быстроменяющихся требований потребителя.

Методика. Анализ современных литературных источников классификации туристических услуг, изучение особенностей построения классификаций, методы социологических исследований и системного анализа.

Результаты. Предложена усовершенствованная классификация структурных составляющих туристической индустрии на основе применения единого критерия - быстроменяющиеся требования потребителя.

Научная новизна. Выбран и обоснован критерий (быстроменяющиеся требования потребителя), присущий всем признакам туристических услуг и позволяющий на своей основе объединить и классифицировать семь сегментов индустрии туристического бизнеса.

Практическая значимость. Предложенная классификация может быть использована в качестве первоначального условия для упорядочения структуры и содержания стратегических планов развития сферы туризма..

Ключевые слова: туризм, индустрия, классификация, критерии, быстроменяющиеся требования потребителя.

IMPROVEMENT OF CLASSIFICATION OF STRUCTURAL COMPONENTS OF INTEGRATED TOURISM SERVICES

KHIMICHEVA G., MIKHALKO A., SUPRUNETS M.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. Development of the principles and approaches of improvement of the tourism industry classification and identification of structural components of a comprehensive tourism services, that are tailored to customer requirements.

Methodology. Analysis of modern literature, that has classifications of tourist services, and the study of peculiarities of classification, methods of sociological research and systems analysis.

Findings. Improved classification of structural components of the tourism industry on the basis of a single criterion - rapidly changing consumer requirements.

Originality. Selected criterions - characteristic of all signs of travel services, that allow to basically merge and classify all seven tourism business industry segments.

Practical value. The proposed classification can be used as a prerequisite to organize the structure and content of strategic plans for the development of tourism.

Keywords: tourism, industry, classification, criteria, quick change customer requirements.

УДК 677.494.7

НОВАК Д.С., СОРОХТЕЙ М.М., РЕЗАНОВА Н.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

ВПЛИВ НАНОДОБАВОК НА ВЛАСТИВОСТІ МОНОНИТОК

Мета. Встановлення впливу нанодобавок на властивості нанонаповнених поліпропіленових (ПП) монониток.

Методика. Методом капілярної віскозиметрії вивчено вплив нанодобавок на реологічні властивості та здатність до поздовжньої деформації розплаву ПП. Дослідження лінійної густини, міцності при розриві, відносного видовження ниток проведено за стандартними методиками.

Результати. Показано, що міцність і початковий модуль монониток залежать від хімічної природи нанодобавок та їх концентрації. Введення в ПП мононитки нанодобавок метилкремнезем (МК) та срібло/кремнезем (Ag/SiO_2) дозволяє покращити їх фізико-механічні властивості.

Наукова новизна. Встановлено, що гідрофобна добавка МК є більш ефективною, порівняно з добавкою (Ag/SiO_2), що можна пояснити її одноріднішим розподілом в матриці неполярного ПП.

Практична значимість. Дані мононитки характеризуються достатньою міцністю та еластичністю, проявляють антимікробну дію, що дозволяє використовувати їх як хірургічні нитки та вироби медичного призначення.

Ключові слова: волокна, нанодобавки, мононитки, поліпропілен.

Вступ. Волокна, наповнені наночастинками (НЧ), почали виробляти з 1990 року. Такі волокна характеризуються малою усадкою, зниженою горючістю, підвищеною міцністю на розрив і стирання, і в залежності від природи наночастинок, які вводяться, можуть набувати інших функціональних властивостей. Як наповнювачі для волокон широко використовуються такі нанодобавки: одно- або багат шарові вуглецеві нанотрубки (ВНТ), фуллерени, глинозем, діоксид кремнію, наночастинки металів (Ag , Au , Cu , Ti , Zn) та їх оксиди. Найбільш досліджуваними нанодобавками є ВНТ, оскільки вони мають комплекс унікальних характеристик [1-5]. Результати наукових досліджень у цій галузі відображені в статтях [6-11] та в монографіях [12-18]. Однак у цих дослідженнях відсутні дані щодо впливу нанодобавок МК та Ag/SiO_2 на властивості монониток з ПП волокон, що стримує їх практичне впровадження.

Постановка завдання. ПП волокна відносяться до лідерів за випуском у світі за рахунок доступності сировини та комплексу їх цінних властивостей. Пошук нових методів модифікації для покращення характеристик ПП є актуальним. При введенні нанодобавок покращуються механічні властивості ниток. Окремі нанодобавки (срібло, оксиди кремнію, алюмінію, титану та цинку, ВНТ) мають бактерицидний вплив на ПП волокна, і тому вони можуть використовуватися у медицині. Одним із методів модифікації ПП волокон є введення комплексних нанодобавок [19-21]. Завданням даної роботи є встановлення впливу нанодобавок МК та Ag/SiO_2 на фізико-механічні властивості ПП монониток.

Результати досліджень. Відомо, що поліпропіленові волокна важко фарбуються, що суттєво обмежує їх застосування у виробництві матеріалів побутового призначення. Введення 15 мас % НЧ глинозему у структуру ПП монониток забезпечує не тільки

покращення властивостей ниток, а й сприяє фарбуванню їх різними класами барвників з одержанням забарвлень глибоких тонів.

Наночастинки срібла мають унікальні властивості – високу бактерицидну і антивірусну активність. Про антимікробну дію іонів срібла відомо вже дуже давно. Цілющі властивості так званої «святої води» подібні до одержаної шляхом прогонки питної води через срібний фільтр. Вона не містить хвороботворних бактерій, які присутні у звичайній воді, тому може зберігатися роками, не псууючись і не «зацвітаючи». У медичній практиці іноді призначають «срібну» воду для лікування ран, виразок, хвороб сечового міхура. Така вода містить деяку кількість іонів срібла, здатних нейтралізовувати шкідливі бактерії і мікроорганізми, чим і пояснюється її благотворний вплив на здоров'я людини. Встановлено, що наночастинки срібла в тисячі разів ефективніше борються з бактеріями і вірусами, ніж іони срібла [22].

Наночастинки здатні довгий час зберігати бактерицидні властивості після нанесення на тверді поверхні (скло, дерево, папір, кераміка, оксиди металів тощо). НЧ срібла мають також високу електропровідність. Таким чином, крихітні, непомітні, екологічно чисті наночастинки срібла можуть застосовуватися всюди, де необхідно забезпечити чистоту і гігієну: від косметичних засобів до знезараження хірургічних інструментів або приміщень. Наночастинки оксиду цинку також мають унікальні властивості (в тому числі і бактерицидні), серед яких особливий інтерес викликає здатність поглинати широкий спектр електромагнітного випромінювання, включаючи ультрафіолетове, інфрачервоне, мікрохвильове і радіочастотне.

Наночастинки діоксиду кремнію (SiO_2) мають унікальну властивість, суть якої полягає в тому, що при нанесенні на матеріал вони приєднуються до його молекул і дозволяють поверхні відштовхувати бруд і воду. Нанопокриття на основі цих частинок надають склу, плитці, дереву, каменю здатність самоочищуватися. Частинок бруду не прилипають до поверхні і не проникають в матеріал, а вода легко стікає з нього, захоплюючи забруднення (рис. 1). Тканина з таким покриттям вільно пропускає повітря, але затримує вологу. Покриття стійке до тертя, гнучке і не псується від сонячного світла і температури [23].



Рис. 1. Принцип самоочищення наночастинками SiO_2

Для досліджень вибрали ПП марки А7 ТУ У 24.1 – 32292929-003:2007 Лисичанського хімічного заводу. Як нанодобавки використали модифікований пірогенний кремнезем зі щепленими металевими групами (МК) з питомою поверхнею ($S_{\text{пит}}$) $320 \text{ м}^2/\text{г}$ виробництва Калуського експериментального заводу, МАС та комплексну речовину, в якій на SiO_2 нанесені наночастинки срібла (табл. 1). Методика одержання комбінованої добавки базується

на відновленні глюкозою іонів Ag^+ , нанесених на поверхню частинок з водно-спиртового розчину нітрату срібла. Концентрація (С) нанодобавок складала $(0,1 \div 5,0)$ мас. %.

Таблиця 1.

Характеристики нанодобавок

Назва	Середній діаметр частинок, нм	Питома поверхня (за методом БЕТ), $\text{м}^2/\text{г}$	Масова доля вологи, % не більше
Ag/SiO ₂	7	300±30	1,5
МК	12	224±25	1,0

Змішування полімерів та введення добавки здійснювали за допомогою комбінованого черв'ячно-дискового екструдера марки ЛПП-25. ПП нитки отримували на спеціальному агрегаті (рис. 2). Гранульований ПП надходить з бункера в зону пластикації, де переходить у в'язко-текучий стан. Розплав полімеру продавлюється черв'яком через тонкі отвори решітки в охолоджувальну водяну ванну, де струмені розплаву тверднуть у вигляді одиночних волокон. Сформовані моноволокна з'єднують в пучок і потім піддають витяжці за допомогою системи валків, що обертаються з різною швидкістю.

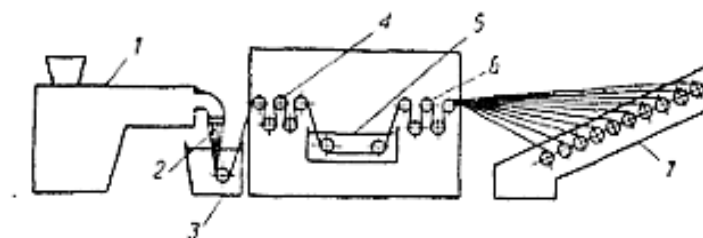


Рис. 2. Технологічна схема одержання ПП монониток:

1 – екструдер; 2 – окремі моноволокна; 3 – ванна охолодження для волокон; 4, 6 – вальці; 5 – витяжна ванна; 7 – приймальний пристрій

В'язкість розплавів (η) нанопоповненого ПП, визначали методом капілярної віскозиметрії за допомогою мікровіскозиметра МВ-2 в діапазоні напруг зсуву $\tau = (0,1 \div 5,7) \cdot 10^4$ Па за температури 190 °С. Еластичні властивості оцінювали за величиною розбухання “В” екструдатів, відпалених за методикою [24]. Отримані дані наведені в таблицях 1 та 2. Режим течії (n) визначали за тангенсом кута нахилу дотичної в даній точці кривої течії. Гарантійна похибка складала $(\pm 2 \div 7)$ %. Здатність розплавів до поздовжньої деформації характеризували величиною максимальної фільтрної витяжки ($\Phi_{\max}$), яку визначали як співвідношення швидкостей прийому та витікання розплаву з отвору фільтри, виражену у відсотках.

Таблиця 1.

Вплив добавки Ag/SiO₂ на реологічні властивості розплавів ПП за $\tau = 5,69 \cdot 10^4$ Па

Склад суміші, мас. %	η , Па·с	n	$\Phi_{\max}$, %	В
	5,69			
ПП	270	2,0	32300	1,8

Продовження таблиці

ПП + 0,05 % Ag/SiO ₂	300	2,0	32400	1,7
ПП + 0,1 % Ag/SiO ₂	310	2,0	32500	1,7
ПП + 0,5 % Ag/SiO ₂	310	1,9	32800	1,6
ПП + 1,0 % Ag/SiO ₂	320	1,9	33600	1,6
ПП + 3,0 % Ag/SiO ₂	340	2,0	32700	1,6

Таблиця 2.

Вплив добавки метилкремнезему на реологічні властивості розплавів ПП за $\tau = 5,69 \cdot 10^{-4}$ Па

Склад суміші, мас. %	η , Па·с	n	$\Phi_{\max}$, %	B
	5,69			
ПП	270	2,0	32300	1,8
ПП + 0,05 % МК	310	2,0	32500	1,8
ПП + 0,1 % МК	320	2,0	32900	1,7
ПП + 0,5 % МК	340	2,1	33300	1,7
ПП + 1,0 % МК	370	2,1	34100	1,6
ПП + 3,0 % МК	390	2,1	33200	1,6

З одержаних даних (табл. 1,2) видно, що введення нанорозмірних добавок не призводить до зміни режиму течії розплаву поліпропілену. Нанонаповнені розплави залишаються неньютонівськими рідинами, що підтверджується значенням показника режиму течії (n), який лежить в межах (1,9÷2,1). Підвищення концентрації МК і Ag/SiO₂ супроводжується ростом в'язкості розплаву ПП, що пояснюється ефектом наповнення твердою речовиною і є закономірним. При цьому зростання η розплаву ПП, наповненого метилкремнеземом, більш чітко виражене, що пов'язано з утворенням специфічних зв'язків між функціональними групами нанодобавки і макромолекулами ПП та структуруванням розплаву. Має місце деяке зниження еластичності модифікованого розплаву ПП, судячи в величин розбухання екструдату, що є типовим для наповнених розплавів полімерів. Позитивним ефектом впливу добавок метилкремнезему і Ag/SiO₂ є зростання прядомості розплаву ПП, що проявляється у зростанні величини максимально можливої фільєрної витяжки ($\Phi_{\max}$). Така закономірність пояснюється зміцненням струменю нанонаповненого розплаву в полі повздовжньої деформації. Зниження $\Phi_{\max}$ за вищого вмісту добавки (3,0 мас. %) може бути пов'язано з ускладненнями повздовжнього деформування елементів надмолекулярної структури через часткове агрегування частинок добавки.

Важливими показниками для ниток є їх механічні характеристики. Міцність при розриві (Р) та модуль пружності (Е) визначали за допомогою розривної машини РМ-3 згідно з ГОСТ 6611.2-73. На рисунку 3 наведені залежності міцності при розриві та модуля

пружності монониток із розплавів вихідного ПП та наповнених нанодобавками від концентрації НЧ. Із цих залежностей витікає, що при концентрації добавки Ag/SiO_2 до 1,0 мас. % спостерігається незначне зростання міцності ниток. При подальшому підвищенні вмісту цієї добавки (до 3,0 мас. %) інтенсивність зміни величини P суттєво зростає, а далі знижується. Залежність $P=f(C)$ для добавки МК є монотонною і практично лінійною. З підвищенням вмісту наповнювача міцність ниток зростає. Максимальне значення міцності для монониток наповнених МК, складає 550 МПа за вмісту добавки 5,0 мас. %, а при введенні Ag/SiO_2 вже при концентрації лише (2,0÷3,0) мас. % міцність досягає найвищих значень (650 МПа). Залежності модуля пружності модифікованих ниток від вмісту наповнювачів мають характер подібний до $P=f(C)$. Максимальне значення модуля пружності становить 2100 МПа для ниток з добавкою МК та 2700 МПа для ниток, наповнених Ag/SiO_2 .

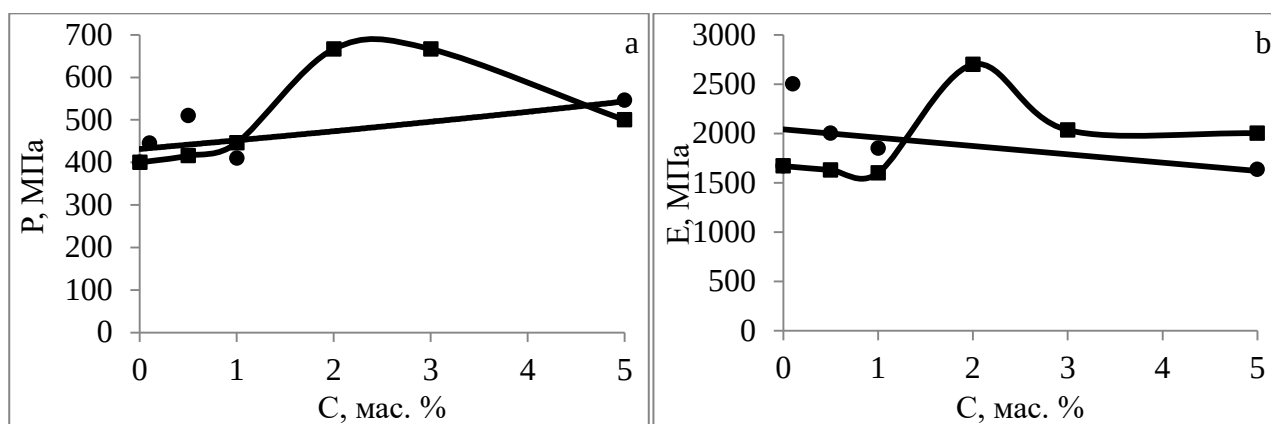


Рис. 3. Залежність міцності при розриві (а) та модулю пружності (b) поліпропіленових монониток від концентрації нанодобавок: МК (●); Ag/SiO_2 (■)

Висновки. Показано, що нанодобавки не погіршують реологічні властивості розплаву наповненого ПП: в'язкість дещо зростає, а здатність до волокноутворення покращується. Встановлено, що введення гідрофільної і гідрофобної нанодобавок на основі пірогенного кремнезему дозволяє покращувати механічні властивості ПП монониток. Показано, що міцність і початковий модуль монониток залежать від хімічної природи нанодобавок та їх концентрації. Добавка Ag/SiO_2 є більш ефективною: максимальні міцність і початковий модуль досягається за меншого її вмісту. Встановлено, що введення нанодобавок в полімерну матрицю збільшує здатність до поздовжньої деформації нанонаповнених розплавів поліпропілену.

Список використаних джерел

1. Пул Ч. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии: пер. с англ. под ред. Ю.И. Головина. – М.: Техносфера, 2004. – 210 с.
2. Antony L.A. Science and technology of polymer nanomer nanofibers.: - Hoboken, New Jersey. USA., John Wiley & Sons, Inc., 2008. – 424 p.
3. Yeo S. Y., Lee H.J., Jeong S.H. Preparation of nanocomposite fibers for permanent antibacterial effect // Journal of Materials Science. – 2003. – V. 38, №10. – P.125 – 132.
4. Marulanda J.V. Carbon Nanotubes. – Vucovar.: In-teh, India. – 2010. – 630 p.

5. Харрис П. Мир материалов и технологий. Углеродные нанотрубки и родственные структуры. Новые материалы XXI века. Перевод с англ. под редакцией и с дополнением Чернозатонского Л.А. – М.: Техносфера. – 2003. – 335 с.
6. Hoang A.S. Electrical conductivity and electromagnetic interference shielding characteristics of multiwalled carbon nanotube filled polyurethane composite films. // Adv. Nat. Sci. Nanosci. Nanotechnol. – 2011, 2. – 025007 (5pp).
7. Dervishi E., Li Z., Saini V., et al. Multifunctional coatings with carbon nanotubes for electrostatic charge mitigation. // IEEE Trans. Ind. Appl. – 2009. –V 45.- P. 1547 – 1552.
8. Fu X., Zhang C., Liu T., Liang, R., Wang, B.: Carbon nanotube buckypaper to improve fire retardancy of high-temperature/high performance polymer composites. // Nanotechnology. – 2010. –V. 21. – 235701.
9. Zhou Z., Wang S., Zhang Y., Zhang Y. Effect of different carbon fillers on the properties of PP composites: comparison of carbon black with multiwalled carbon nanotubes. // J. Appl. Polym. Sci. – 2006. – V. 102. – P. 4823–4830.
10. Xu D., Wang Z. Role of multi-wall carbon nanotube network in composites to crystallization of isotactic polypropylene matrix// Polymer. – 2008. – V. 49, P. 330 – 338.
11. Yuen S.M., Ma C.C., Chiang C.L., Lin Y.Y., Teng C.C. Preparation and morphological, electrical, and mechanical properties of polyimide-grafted MWCNT/polyimide composite, J. Polym. Sci. A: Polym.Chem. – 2007. – V. 45. – P. 3349 – 3358.
12. Chung D.D.L. Carbon materials for structural self-sensing, electromagnetic shielding and thermal interfacing// Carbon. – 2012 – V. 50. – P. 3342 – 3353.
13. Cebeci H., Guzman de Villoria R., Hart A. J., Wardle B. L. Multifunctional properties of high volume fraction aligned carbon nanotube polymer composites with controlled morphology. Comp. Sci. Technol. – 2009. –V. 69. – P. 2649 – 2656.
14. Thostenson E. T., Ren Z., Chou T-W. Advance sinthe science and technology of carbon nanotubes and their composites:a review. // Comp. Sci.Technol.. – 2001. – V. 61. – P. 1899 – 1912.
15. Мамуня Є.П., Юрженко М.В., Лебедев Є.В. та ін. Електроактивні полімерні матеріали. – К.: Альфа Реклама, 2013. – 402 с.
16. Dresselhaus M S, Dresselhaus G, Avouris P et. Al. Carbon Nanotubes. Synthesis, Struktire, Properties, and Applications// Topics Applю Phys.- V.80. Berlin: SpringerVerlag, 2001.
17. Loiseau A et al. Understanding Carbon Nanotubes. From Basics to Applications// Lektüre Notes in Phisiks, Vol. 677. Berlin: Springer, 2006.
18. Rotkin S V, Subramoneu S. Applied Physics of Carbon Nanotubes. Fundamentals of Theory, Optics and Transport Devices. Nanoscience and Technology. Berlin: Springer, 2005.
19. Melezhik O.V., Sementsov Yu.I., Prikhod'ko G.P. et al. Carbon nanoootubes and nanofibers pilot production // Int. Conf. "Carbon Nanomaterials in Clean Energy Hidrogen Systems"(CNCEHS'2010) Ukraine, Yalta, 2010, 24-30 June.
20. Семенцов Ю.И., Мележик А.В. Приходько Г.П. и др. Синтез, структура, физико-химические свойства наноуглеродных наноматериалов //Физико-химия наноматериалов и супрамолекулярных структур., Том.2 / Под ред. А.П. Шпака, П.П.Горбика. – Киев: Наук.думка, 2007., 440 с.
21. Mai Y.-W., Yu Z.-Z. Polymer nanocomposites.- CRC Press Boca Raton Boston New York Washington, DC. – 2006. – 613 p.
22. Крутяков Ю.А., Кудринский А.А., Оленин А.Ю., Лисичкин Г.В. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы // Успехи химии. – 2008. - №3. – С. 242 – 269.
23. Гусев А.И. Нанокристаллические материалы // А.И. Гусев, А.А. Рампель – Москва: Физматлит, 2001 – 265 с.
24. Utracki L., Bakerdjiane Z., Kamal M. A method for the measurement of the true die swell of polymer melts // J. Appl. Polymer Sci. – 1975. – V. 19, №2. – P. 481– 501.

References

1. Pul Ch. Mir materialov i tekhnologiy. Nanotekhnologii [The world of materials and technologies. Nanotechnology]: per. s angl. pod red. Yu.I. Golovina. M.: Tekhnosfera, 2004. 210 p. [in Russian].
2. Antony L.A. Science and technology of polymer nanomer nanofibers.: Hoboken, New Jersey. USA., John Wiley & Sons, Inc., 2008. 424 p.
3. Yeo S. Y., Lee H.J., Jeong S.H. Preparation of nanocomposite fibers for permanent antibacterial effect // Journal of Materials Science. 2003. V. 38, №10. P. 125-132.
4. Marulanda J.V. Carbon Nanotubes. Vucovar.: In-teh, India. 2010. 630 p.
5. Kharris P. Mir materialov i tekhnologiy. Uglerodnye nanotrubki i rodstvennye struktury. Novye materialy XXI veka. [The world of materials and technologies. Carbon nanotubes and related structures. New materials of the XXI century.] Perevod s angl. pod redaktsiey i s dopolneniem Chernozatonskogo L.A. M.: Tekhnosfera. 2003. 335 p. [in Russian].
6. Hoang A.S. Electrical conductivity and electromagnetic interference shielding characteristics of multiwalled carbon nanotube filled polyurethane composite films. // Adv. Nat. Sci. Nanosci. Nanotechnol. 2011, 2. 025007. 5 p.
7. Dervishi E., Li Z., Saini V., et al. Multifunctional coatings with carbon nanotubes for electrostatic charge mitigation. // IEEE Trans. Ind. Appl. 2009. V 45. P. 1547-1552.
8. Fu X., Zhang C., Liu T., Liang, R., Wang, B.: Carbon nanotube buckypaper to improve fire retardancy of high-temperature/high performance polymer composites. // Nanotechnology. 2010. V. 21. 235701.
9. Zhou Z., Wang S., Zhang Y., Zhang Y. Effect of different carbon fillers on the properties of PP composites: comparison of carbon black with multiwalled carbon nanotubes. // J. Appl. Polym. Sci. 2006. V. 102. P. 4823-4830.
10. Xu D., Wang Z. Role of multi-wall carbon nanotube network in composites to crystallization of isotactic polypropylene matrix// Polymer. 2008. V. 49, P. 330-338.
11. Yuen S.M., Ma C.C., Chiang C.L., Lin Y.Y., Teng C.C. Preparation and morphological, electrical, and mechanical properties of polyimide-grafted MWCNT/polyimide composite, J. Polym. Sci. A: Polym.Chem. 2007. V. 45. P. 3349-3358.
12. Chung D.D.L. Carbon materials for structural self-sensing, electromagnetic shielding and thermal interfacing// Carbon. 2012. V. 50. P. 3342-3353.
13. Cebeci H., Guzman de Villoria R., Hart A. J., Wardle B. L. Multifunctional properties of high volume fraction aligned carbon nanotube polymer composites with controlled morphology. Comp. Sci. Technol. 2009. V. 69. P. 2649-2656.
14. Thostenson E. T., Ren Z., Chou T-W. Advance sinthe science and technology of carbon nanotubes and their composites:a review. // Comp. Sci.Technol. 2001. V. 61. P. 1899-1912.
15. Mamunya Є.P., Yurzhenko M.V., Lebedev Є.V. ta in. Yelektroaktivni polimerni materiali. [Electroactive polymer materials] K.: Alfa Reklama, 2013. 402 p. [in Ukrainian].
16. Dresselhaus M S, Dresselhaus G, Avouris P et. Al. Carbon Nanotubes. Synthesis, Struktura, Properties, and Applications// Topics Applyu Phys. V.80. Berlin: SpringerVerlag, 2001.
17. Loiseau A et al. Understanding Carbon Nanotubes. From Basics to Applications// Lektüre Notes in Phisiks, Vol. 677. Berlin: Springer, 2006.
18. Rotkin S V, Subramoneu S. Applied Physics of Carbon Nanotubes. Fundamentals of Theory, Optics and Transport Devices. Nanoscience and Technology. Berlin: Springer, 2005.
19. Melezhik O.V., Sementsov Yu.I., Prihod'ko G.P. et al. Carbon nanotubes and nanofibers pilot production // Int. Conf. "Carbon Nanomaterials in Clean Energy Hydrogen Systems"(CNCEHS'2010) Ukraine, Yalta, 2010, 24-30 June.
20. Sementsov Yu.I., Melezhik A.V. Prihodko G.P. i dr. Sintez, struktura, fiziko-khimicheskie svoystva nanouglerodnykh nanomaterialov [Synthesis, structure, physical and chemical properties of nano-carbon nanomaterials] // Fiziko-khimiya nanomaterialov i

supramolekulyarnykh struktur., Tom.2 / Pod red. A.P. Shpaka, P.P. Gorbika. Kiev:Nauk.dumka. 2007. 440 p. [in Russian].

21. Mai Y.-W., Yu Z.-Z. Polymer nanocomposites. CRC Press Boca Raton Boston New York Washington, DC. 2006. 613 p.

22. Krutyakov Yu.A., Kudrinskiy A.A., Olenin A.Yu., Lisichkin G.V. Sintez i svoystva nanochastits serebra: dostizheniya i perspektivy [Synthesis and properties of silver nanoparticles: advances and perspectives] // Uspekhi khimii. 2008. №3. P. 242-269. [in Russian].

23. Gusev A. I. Nanokristallicheskie materialy [Nanocrystalline materials] // A.I. Gusev, A.A. Rampel. Moskva: Fizmatlit, 2001. 265 p. [in Russian].

24. Utracki L., Bakerdjiane Z., Kamal M. A method for the measurement of the true die swell of polymer melts // J. Appl. Polymer Sci. 1975. V. 19, №2. P. 481-501.

ВЛИЯНИЕ НАНОДОБАВОК НА СВОЙСТВА МОНОНИТЕЙ НОВАК Д.С., СОРОХТЕЙ М.Н., РЕЗАНОВА Н.М.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Установление влияния нанодобавок на свойства нанонаполненных полипропиленовых (ПП) мононитей.

Методика. Методом капиллярной вискозиметрии изучено влияние нанодобавок на реологические свойства и способность к продольной деформации расплава ПП. Исследование линейной плотности, прочности при разрыве, относительного удлинения нитей проведено по стандартным методикам.

Результаты. Показано, что прочность и начальный модуль мононитей зависят от химической природы нанодобавок и их концентрации. Введение в ПП мононити нанодобавок метилкремнезем (МК) и серебро/кремнезем (Ag/SiO_2) позволяет улучшить их физико-механические свойства.

Научная новизна. Установлено, что гидрофобная добавка МК является более эффективной по сравнению с добавкой (Ag/SiO_2), что можно объяснить ее однородным распределением в матрице неполярного ПП.

Практическая значимость. Данные мононити характеризуются достаточной прочностью и эластичностью, проявляют антимикробное действие, что позволяет использовать их как хирургические нити и изделия медицинского назначения.

Ключевые слова: волокна, нанодобавки, мононити, полипропилен.

INFLUENCE OF NANO-ADDITIVES ON THE MONO THREADS PROPERTIES NOVAK D., SOROHTEY M., REZANOVA N.

Kyiv National University of Technologies and Design

Goal. The influence of nano-additives on the properties of nano-filled polypropylene (PP) mono threads.

Methods. By the method of capillary viscometer the effect of nano-additives on the rheological properties and the ability to longitudinal strain for PP melt was studied. Linear density, tensile strength, elongation threads was studied according to standard procedures.

Results. It was shown that the strength and initial modulus of threads depends on the chemical nature and concentration of nano-additives. Injection to PP mono threads nanoadditives, methylsilica (MS) and silver/silica (Ag/SiO_2), improves their physical-mechanical properties.

Scientific novelty. It was found that the hydrophobic additive MS is more effective than the Ag/SiO_2 , by its uniform distribution in the matrix of nonpolar PP.

Practical significance. These mono threads were characterized by sufficient strength and elasticity, what allows to use them as surgical sutures or in other medical applications.

Keywords: fibers, nano-additives, mono threads, polypropylene.

УДК 546.882

ЛИСІН В.І.¹, КОВАЛЕНКО І.В.¹, МАКЄЄВА І.С.²

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

² Київський національний університет технологій та дизайну

ВПЛИВ МОРФОЛОГІЇ ТА ДИСПЕРСНОСТІ ТВЕРДИХ НАПОВНЮВАЧІВ TiO_2 і SnO_2 НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ СОЛЮВИХ СИСТЕМ

Мета. Встановлення впливу на електропровідність іонної системи – літій, калій-ацетатної евтектики - наповнення нанорозмірними діоксидом титану різної морфології та діоксидом стануму.

Методика. Для одержання діоксиду титану використовувався порошок титану металічного марки ПТХ-6-1 з розмірами частинок 0,088 – 0,06 мкм. Для окиснення титану використовувались нітрати калію і натрію марки «ХЧ», взяті в еквімолярному співвідношенні у надлишку 10 мас.% відносно стехіометрії реакції. Для активування поверхні титану застосовувався гідрофторид амонію $\text{NH}_4\cdot\text{HF}$ марки «ЧДА». Нанодисперсний SnO_2 був одержаний в нітратній евтектиці з $\text{SnCl}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ без активування поверхні. Для вимірювання електропровідності сольових систем використовувалась комірка з коаксіальними платиновими електродами. Дані з електропровідності були одержані при вимірюванні вимірювача іммітансу В7 – 14 на частоті змінного струму 10 кГц.

Результати. Дослідження ефекту дисперсного наповнення нанорозмірним діоксидом титану сольової системи в рідкому і твердому станах показало принципову можливість застосування твердофазного діелектричного наноматеріалу як наповнювача в іонних системах з метою підвищення їх електропровідності. Встановлено суттєву відмінність у спричиненні ефекту підвищення електропровідності із введенням нано- і мікророзмірного діоксиду титану в сольову систему: при 160°C ефект проявляється на 3 порядки сильніше при введенні 10 мас.% нано- TiO_2 (3-D морфології) в літій, калій-ацетатну евтектику. Введення в сольову систему нанорозмірного SnO_2 не спричиняє суттєвого збільшення електропровідності внаслідок агрегації частинок оксиду.

Наукова новизна. Вперше показаний вплив морфології і природи нанодисперсного наповнювача на електропровідність і переохолодження іонних систем: SnO_2 і TiO_2 1D-морфології підвищують електропровідність систем лише в твердому стані і не викликають їх переохолодження на відміну від нано- TiO_2 3D-морфології, введення якого в іонну систему суттєво збільшує її електропровідність і в рідкому і в твердому станах, а також сприяє переохолодженню.

Практична значимість. Створення композитних іонних систем, що знаходять своє застосування як електроліти в енергоперетворюючих пристроях.

Ключові слова: композитні електроліти, електропровідність, нанорозмірні матеріали.

Вступ. Протягом останнього часу велика увага приділяється розробці композитних електролітів. Композитні електроліти – це гетерогенні системи, яким властива іонна провідність.

Поява нової області електрохімії твердого тіла датується 1973 р., коли С.С. Ліанг знайшов ефект помітного (в 100-1000 разів) збільшення літійової провідності в твердофазній системі $\text{LiI-Al}_2\text{O}_3$ [1].

Більшість робіт, які є в літературі, присвячені вивченню сумішей іонних провідників з дрібнодисперсними оксидами, такими як Al_2O_3 , SiO_2 , CeO_2 , летючими золами та ін. Першою такою сумішшю, як згадувалось вище, були досліджені Ліангом суміші $\text{LiI-Al}_2\text{O}_3$ з

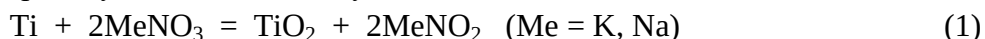
максимумом провідності при 40 мол.% Al_2O_3 [1]. В наступних роботах різних авторів відмічено аномальне збільшення електропровідності в системах $\text{CuCl-Al}_2\text{O}_3$, $\text{AgI-Al}_2\text{O}_3$, AgI-SiO_2 , AgI- летючі золи, $\text{AgCl-Al}_2\text{O}_3$, AgCl-SiO_2 , $\text{HgI}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ [2]. Нещодавно подібний ефект був знайдений в системах $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ та $\text{BaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ в роботі Фуйіцу, причому максимум електропровідності відповідав концентрації дисперсної фази 10-40 мол.%. Вайдехі відмічає ще більше збільшення провідності при концентрації добавки ізолятора 2-4 мол.% в системах $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ та $\text{BaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ [2].

В останні роки увагу дослідників ефекту дисперсного наповнення привертає діоксид титану. Цей дисперсний наповнювач являє собою діелектрик, але згідно з останніми публікаціями по наповненню ним галогенідів аргентуму [3], TiO_2 являє собою перспективний наповнювач для подібних сольових систем з метою створення твердих електролітів нового типу.

Постановка завдання. Мета роботи полягала у встановленні впливу на електропровідність іонної системи – літій, калій-ацетатної евтектики - наповнення нанорозмірними діоксидом титану різної морфології та діоксидом стануму.

Для одержання діоксиду титану використовувався порошок титану металічного марки ПТХ-6-1 з розмірами частинок 0,088 – 0,06 мм. Для окиснення титану використовувались нітрата калію і натрію марки «ХЧ», взяті в еквімолярному співвідношенні у надлишку 10 мас.% відносно стехіометрії реакції (1).

Загальна схема процесу окиснення титану має вигляд:



Для проходження цієї реакції поверхню титану слід активувати, оскільки вона покрита пасивуючим шаром оксиду. Для активування поверхні титану застосовувався гідрофторид амонію $\text{NH}_4\cdot\text{HF}$ марки «ЧДА».

Загальна реакція утворення SnO_2 може бути записана як (2):



Утворення доволі однорідної суміші кристалітів SnO_2 з розмірами частинок менше 10 нм підтверджується даними проникаючої електронної мікроскопії.

Для вимірювання електропровідності сольових систем використовувалась комірка з коаксіальними платиновими електродами. Дані з електропровідності були одержані при використанні вимірювача іммітансу В7 – 14 на частоті змінного струму 10 кГц.

Результати досліджень. *Електропровідність системи літій/калій-ацетатна евтектика – твердий наповнювач TiO_2 .*

Дані по електропровідності наповнених сольових систем Li,K-Ac+TiO_2 (3D-морфологія з розміром зерна 50 нм) та Li,K-Ac+TiO_2 (розмір зерна – 20 мкм) при різних температурах наведені на рисунках 1 і 2.

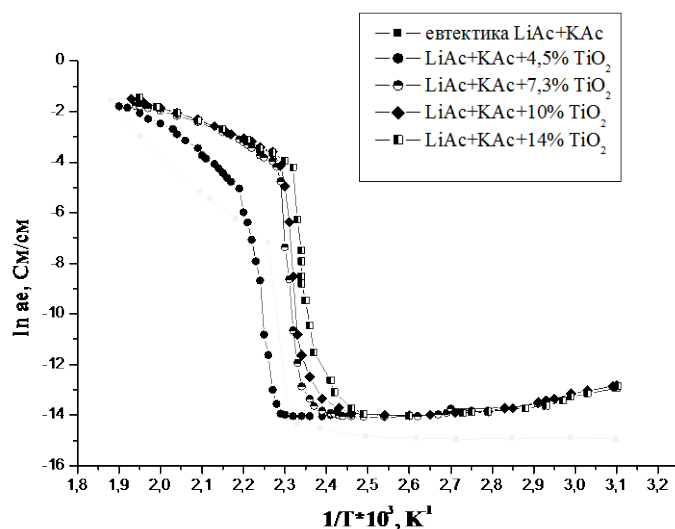


Рис.1. Політерми електропровідності системи ацетатна евтектика - нанорозмірний TiO_2 (50 нм, 3D-морфологія)

Виходячи з порівняння температурних залежностей електропровідності наповнених сольових систем, можна зробити висновок, що нанодисперсний TiO_2 підвищує електропровідність систем в рідкому і твердому станах.

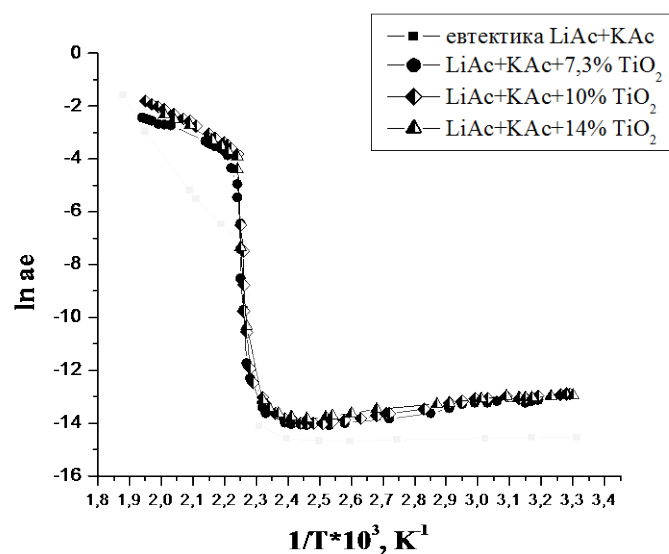


Рис. 2 Політерми електропровідності системи ацетатна евтектика - TiO_2 (20 мкм)

Своєрідним і цікавим є підвищення електропровідності саме в рідкому стані (рис. 3). Даний ефект спостерігається вперше при дослідженні електропровідності розплавлених сольових систем з дрібнодисперсним наповнювачем. Цей ефект, очевидно, слід віднести до специфічного прояву фізико-хімічних властивостей наповнювачів з нанорозмірними частинками.

Як видно з рис. 1 для системи літій, калій-ацетатна евтектика – TiO_2 (3D- морфологія з розміром зерна 50 нм) властиве переохолодження на приблизно 40°C , що не спостерігається для системи літій, калій-ацетатна евтектика – мікророзмірний TiO_2 .

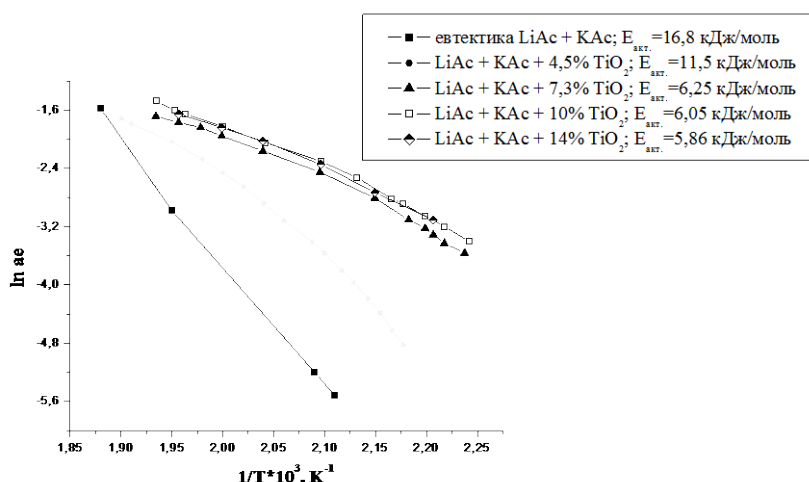


Рис. 3. Політерми електропровідності системи ацетатна евтектика - нанорозмірний TiO_2 (50 нм, 3D-морфологія) вище температури кристалізації

При температурах, близьких до кімнатної, поведінка нанорозмірного та мікророзмірного TiO_2 практично однакова (порядок електропровідності дорівнює $10^{-5} - 10^{-6}$ См/см, що приблизно на один порядок перевищує електропровідність ненаповненої сольової системи при цій температурі). Характерним для систем з цими наповнювачами є підвищення електропровідності в твердому стані при зниженні температури. Поки що остаточне пояснення цьому явищу дати не представляється можливим, можна лише припустити, що пониження температури веде до зміни механізму електропровідності внаслідок створення, завдяки введенню TiO_2 , додаткової кількості вакансій в твердому тілі і здійснення іонного переносу по цих вакансіях, при цьому енергія активації переносу іонів по вакансіях зменшується в порівнянні з енергією активації іонного переносу.

Подібне пояснення наведене в літературі при розгляданні електропровідності в твердому стані наповненого KCl [4].

Найбільший ефект наповнення спостерігається при температурах трохи нижчих від температури кристалізації евтектики (табл. 1). З даних таблиці чітко видно, що дисперсність системи суттєво впливає на величину питомої електропровідності.

Таблиця 1

Електропровідність літій,калій-ацетатної евтектики з різним наповненням при 160 °С

Концентрація TiO_2 , мас.%	Електропровідність з наповнювачем TiO_2 (розмір зерна 20 мкм), См/см	Електропровідність з наповнювачем TiO_2 (діаметр частинки 50 нм), См/см
0	$7,4 \times 10^{-7}$	$7,4 \times 10^{-7}$
4,5	$7,8 \times 10^{-7}$	$8,0 \times 10^{-7}$
7,3	$1,5 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-5}$
10,0	$2,2 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-3}$
14,0	$2,0 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-4}$

З даних таблиці чітко видно, що дисперсність системи суттєво впливає на величину питомої електропровідності. Ефект збільшення провідності внаслідок збільшення дисперсності спостерігається і при інших температурах (табл. 2), хоч і не так виражено.

Таким чином встановлено ефект збільшення електропровідності внаслідок наповнення сольових систем дрібнодисперсним наповнювачем. Цей ефект посилюється при збільшенні дисперсності TiO_2 . Створення подібних наповнених сольових систем дозволить відкрити шляхи розробки твердих електролітів нового типу.

Виходячи з одержаних експериментальних даних, нанорозмірні матеріали типу TiO_2 можна застосовувати як наповнювачі в іонних рідинах з метою підвищення їх електропровідності.

Таблиця 2

Залежність електропровідності наповненої літій,калій-ацетатної евтекти від концентрації наповнювача при 50°C

Концентрація TiO_2 , мас. %	Електропровідність з наповнювачем TiO_2 (розмір зерна 20 мкм), См/см	Електропровідність з наповнювачем TiO_2 (діаметр частинки 50 нм), См/см
0	$0,3 \times 10^{-6}$	$0,3 \times 10^{-6}$
4,5	$1,2 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-6}$
7,3	$1,8 \times 10^{-6}$	$2,2 \times 10^{-6}$
10,0	$2,3 \times 10^{-6}$	$2,7 \times 10^{-6}$
14	$2,2 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-6}$

Електропровідність системи літій/калій-ацетатна евтектика – твердий наповнювач SnO_2 .

Дані по електропровідності наповнених сольових систем Li,K-Ас та твердий наповнювач SnO_2 при різних температурах наведені на рисунку 4.

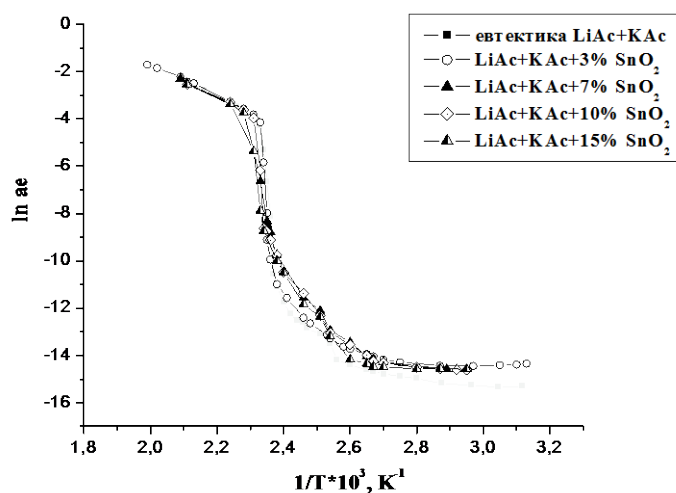


Рис. 4. Політерми електропровідності системи ацетатна евтектика - нанорозмірний SnO_2

При введенні в розплав нанодисперсного SnO_2 підвищення електропровідності не спостерігається. Пояснення цьому можна дати, виходячи з того, що, як свідчать літературні дані [5], наночастинкам SnO_2 властивий процес укрупнення внаслідок їх можливої агломерації з часом. Це видно на рис. 5: на мікрофотографії (рис. 5,б) чітко розрізняються великі агломерати частинок SnO_2 , набагато більші в порівнянні з аналогічною фотографією частинок TiO_2 (рис. 5,а). Крім того, з рис. 4 видно, що введення дисперсоїду SnO_2 не

викликає помітне переохолодження системи, на відміну від суттєвого переохолодження (близько 40 °С) евтектики при введенні нанорозмірного TiO_2 , що теж можна пояснити агломерацією нанорозмірних частинок SnO_2 .

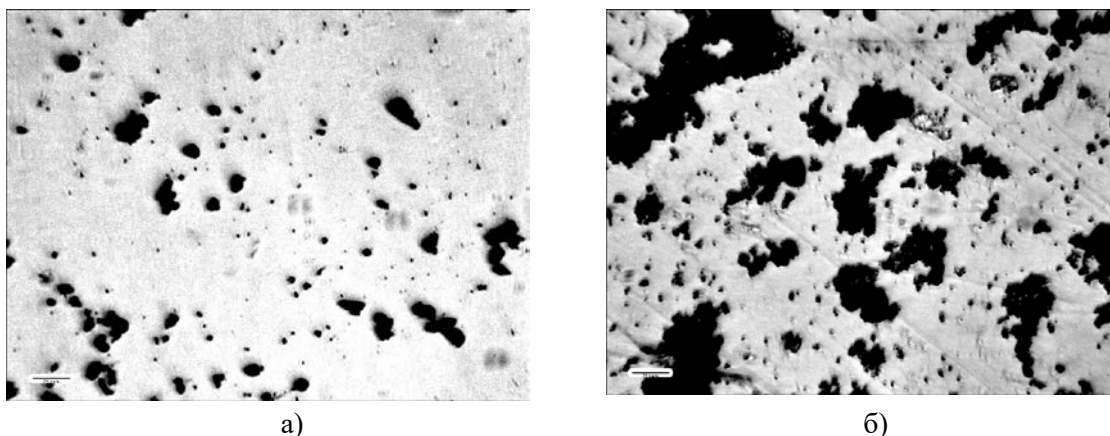


Рис. 5. Мікрофотографії нанорозмірних оксидних матеріалів (збільшення в 400 разів):
а – TiO_2 ; б – SnO_2

Електропровідність системи літій,калій-ацетатна евтектика – твердий наповнювач TiO_2 (1D-морфологія з довжиною 100-200 нм). Дані по електропровідності наповнених сольових систем Li,K-Ас та твердого наповнювача TiO_2 (1D- морфологія з довжиною 100 – 200 нм) при різних температурах наведені на рисунку 6.

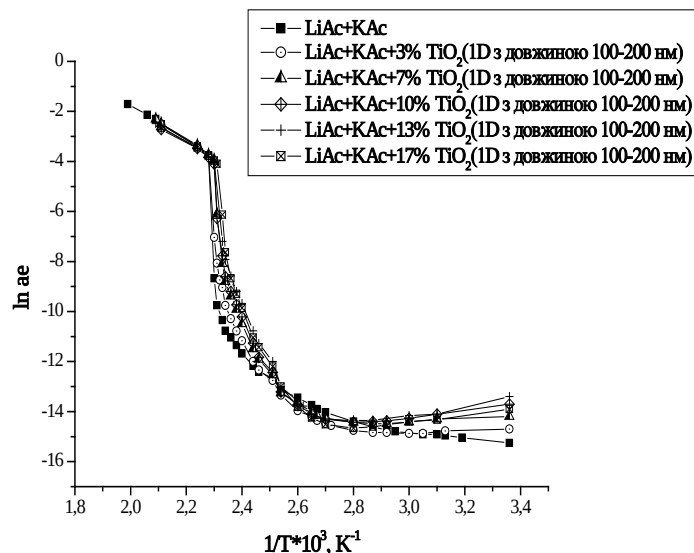


Рис. 6. Політерми електропровідності системи ацетатна евтектика - нанорозмірний TiO_2 (1D-морфологія з довжиною 100 – 200 нм)

Введення в розплав частинок TiO_2 іншої морфології (1D з довжиною 100 - 200 нм) не приводить до збільшення електропровідності в рідкому стані. Хоча при кімнатній температурі спостерігається підвищення електропровідності в 6,5 разів (рис. 7). Очевидно, при введенні TiO_2 1D морфології в розплавлену евтектику і внаслідок неупорядкованої взаємної орієнтації відносно довгих нановолокон шляхи іонного переносу можуть в певній мірі блокуватись, що веде до зникнення ефекту підвищення електропровідності в розплаві і

зменшенню переохолодження. В твердому стані дана розупорядкованість орієнтації нановолокон, очевидно, сприяє виникненню додаткової кількості дефектів структури, тобто в даному випадку стеричний фактор сприяє утворенню додаткової кількості вакансій. Підвищення електропровідності при кімнатних температурах у випадку застосування TiO_2 1D морфології все-таки менше, в порівнянні з TiO_2 3D морфології, що можна пов'язати із меншою поверхневою енергією перших.

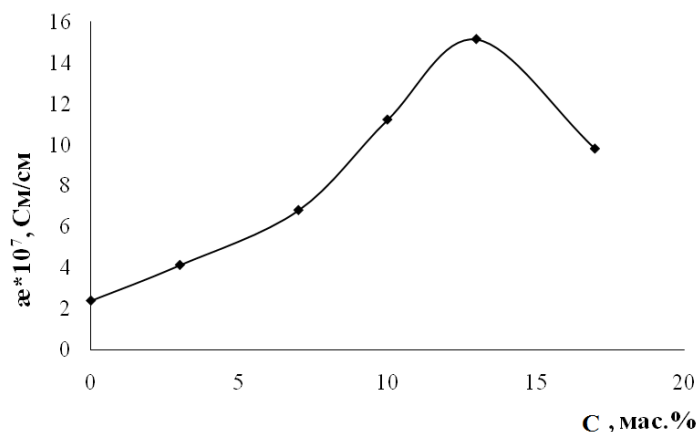


Рис. 7. Ізотерма електропровідності системи ацетатна евтектика - нанорозмірний TiO_2 (1D- морфологія з довжиною 100 – 200 нм) при 25 °С в залежності від концентрації наповнювача

Висновки.

1. Дослідження ефекту дисперсного наповнення нанорозмірним діоксидом титану сольової системи в рідкому і твердому станах показало принципову можливість застосування твердофазного діелектричного наноматеріалу як наповнювача в іонних системах з метою підвищення їх електропровідності.

2. Встановлено суттєву відмінність у спричиненні ефекту підвищення електропровідності із введенням нано- і мікророзмірного діоксиду титану в сольову систему: при 160°C ефект проявляється на 3 порядки сильніше при введенні 10 мас.% нано- TiO_2 (3-D морфології) в літій,калій-ацетатну евтектику.

3. Введення в сольову систему нанорозмірного SnO_2 не спричиняє суттєвого збільшення електропровідності внаслідок агломерації частинок оксиду.

4. Подібні композитні системи з дисперсоїдом нано- TiO_2 доцільно застосовувати при створенні енергоперетворюючих пристроїв широкого призначення.

Список використаної літератури

1. Liang C. C. Electrical conductivity of $\text{LiI} - \text{Al}_2\text{O}_3$ system / C.C. Liang // J. Electrochem. Soc. – 1973. – V. 120 – p. 1289 – 1295.
2. Uvarov N. Affect of morphology and particle size on the ionic conductivities of composite solid electrolytes / N. Uvarov, V. Susupov, V. Sharama, K. Shukla // Solid State Ionics. – 1992. – V. 51 – p. 41 – 42.
3. Nagarch R.K. Transport property and structural characterization studies on $(1 - x)[0.75 \text{AgJ}:0.25\text{AgCl}]:x\text{TiO}_2$ conducting composite electrolyte system / R.K. Nagarch, R. Kumar, R. Agrawal // J. Non-Crystalline Solids. – 2006. – V. 352 – p.450 – 457.

4. Хенней Н. Химия твердого тела / Н. Хенней. – М.: Мир, 1971. – 118 с.

5. Коваленко І.В. Нанодисперсний SnO₂: синтез та електрохімічне відновлення в апротонних електролітах / І. В. Коваленко, Л. В. Черненко, С. А. Хайнаков // Наук. вісник Чернівецького ун-ту. – 2008. – Вип. 399-400 – с.113-115.

References

1. Liang C. C. (1973) Electrical conductivity of LiI – Al₂O₃ system. *J. Electrochem. Soc.*, 120, 1289 – 1295 [in English].

2. Uvarov N., Susupov V., Sharama V., Shukla K. (1992) Affect of morphology and particle size on the ionic conductivities of composite solid electrolytes. *Solid State Ionics*, 51, 41 – 42 [in English].

3. Nagarch R., Kumar K., Agrawal R. (2006) Transport property and structural characterization studies on (1 – x)[0,75 AgJ:0,25AgCl]:xTiO₂ conducting composite electrolyte system. *J. Non-Crystalline Solids*, 352, 450 – 457 [in English].

4. Haney N. *Himia tverdogo tela* [Chemistry of Solid State]. Moskva: Izdatelstvo Mir, 1971, 118 p [in Russian].

5. Kovalenko I.V. Chernenko L. V., Khaunakov S. (2008) *Nanodispersniy SnO₂: sintez ta electrochimichne vidnovlennya v aprotonuch electrolitah* [Nanodispersnyimi SnO₂: synthesis and electrochemical reduction in aprotic electrolytes]. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University*, 399-400, 113-115 [in Ukrainian].

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ И ДИСПЕРСНОСТИ ТВЕРДЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ TiO₂ и SnO₂ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ СОЛЕВЫХ СИСТЕМ

ЛЫСИН В.И.¹, КОВАЛЕНКО И.В.¹, МАКЕЕВА И.С.²

¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» (НТУУ «КПИ»)

²Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Установление влияния на электропроводность ионной системы – литий, калий ацетатной эвтектики - наполнениями наноразмерными диоксидом титана разной морфологии и диоксидом станума.

Методика. Для получения диоксида титана использовался порошок титана металлического марки ПТХ-6-1 с размерами частиц 0,088 – 0,06 мм. Для окисления титана использовались нитраты калия и натрия марки «ХЧ», взятые в эквимольном соотношении в избытке 10 мас.% относительно стехиометрии реакции. Для активирования поверхности титана применялся гидрофторид аммония NH₄·HF марки «ЧДА». Нанодисперсный SnO₂ был получен в нитратной эвтектике с SnCl₂·xH₂O без активирования поверхности. Для измерения электропроводности солевых систем использовалась ячейка с коаксиальными платиновыми электродами. Данные по электропроводности были получены при использовании измерителя иммитанса В7 – 14 на частоте переменного тока 10 кГц.

Результаты. Исследование эффекта дисперсного наполнения наноразмерным диоксидом титана солевой системы в жидком и твердом состояниях показало принципиальную возможность применения твердофазного диэлектрического наноматериала как наполнителя в ионных системах с целью повышения их электропроводности. Установлена существенная разница в возникновении эффекта повышения электропроводности с введением нано- и микроразмерного диоксида титана в солевую систему: при 160°C эффект проявляется на 3 порядка сильнее при введении 10 мас.% нано-

TiO₂ (3-D морфології) в литий,калий-ацетатную эвтектику. Введение в солевую систему наноразмерного SnO₂ не приводит к существенному увеличению электропроводности вследствие агломерации частиц оксида.

Научная новизна. Впервые показано влияние морфологии и природы нанодисперсного наполнителя на электропроводность и переохлаждение ионных систем: SnO₂ и TiO₂ 1D-морфологии повышают электропроводность систем только в твердом состоянии и не вызывают их переохлаждения в отличии от нано-TiO₂ 3D-морфологии, введение которого в ионную систему существенно увеличивает ее электропроводность и в жидком и в твердом состояниях, а также способствует переохлаждению.

Практическая значимость. Создание композитных ионных систем, которые находят свое применение как электролиты в энергопреобразующих устройствах.

Ключевые слова: композитные электролиты, электропроводность, наноразмерные материалы.

THE EFFECT OF MORPHOLOGIES AND DISPERSION OF SOLID FILLERS TiO₂ AND SnO₂ ON ELECTROCONDUCTIVITY OF SALT SYSTEMS

LYSIN V. I.¹, KOVALENKO I. V.¹, MAKYEYEVA I. S.²

¹ National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (NTUU «KPI»)

² Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. The aim of work lies in determination the effect of nano-TiO₂ (in different morphologies and dispersion) and nano-SnO₂ filling on electroconductivity of ionic system Li,K-acetate eutectic.

Methodology. The metallic titanium powder (ПХТ-6-1) with particles size 0,088 – 0,06 mm was utilized for synthesis of titanium dioxide. Potassium and sodium nitrates of “ХЧ” mark in equimolar equation with 10 mass.% excess to stoichiometry of reaction were used. Ammonium hydrofluoride NH₄F·HF („ЧДА”) was applied for titanium surface activation. Nano-SnO₂ was synthesized from SnCl₂·2H₂O in nitrate melt without surface activation. The cell with platinum coasial electrodes was used for electroconductivity measurements of salt systems. Electroconductivity data were obtained using immitance measurer B7-14 on AC-frequency 10 kHz.

Findings. The investigation of disperse filling by nano-TiO₂ the salt system in liquid and solid states shows the principle possibility to apply the solid dielectric nanomaterial as a filler in ionic systems for their electroconductivity increasing. The sufficient distinction in effects of electroconductivity increasing at nano- and micro-sized TiO₂ adding to salt system was determined: at 160°C the effect takes place in 3 orders higher at adding the 10 mass % of nano-TiO₂ (3D morphology) to lithium, potassium-acetate eutectic. The filling of salt system by nanosized SnO₂ not causes the sufficient increasing of electroconductivity due to the oxide particles agglomeration.

Originality. The influence of morphology and nature of nano-disperse filler on electroconductivity and supercooling for ionic systems was firstly shown. SnO₂ i TiO₂ (1D-morphology) increase the electroconductivity of systems only in solid state and not causes the supercooling in distinguish from nano-TiO₂ (3D-morphology), which adding to ionic system sufficiently increases it electroconductivity in solid and molten states, causing the supercooling.

Practical value is in creation of composite ionic systems, which find their applying as electrolytes in energy-converting devices.

Keywords: composite electrolytes, electroconductivity, nano-sized manerials.

УДК 677.027.513.2:532.135

МИЩЕНКО А. В., ВЕНГЕР Е. А., РАСТОРГУЕВА М. И.

Херсонский национальный технический университет

**УЛУЧШЕНИЕ ПСЕВДОПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЗАГУСТОК НА ОСНОВЕ РАСТВОРОВ
БЛОКСОПОЛИУРЕТАНА**

Цель. Целью работы являлась модификация уретановых загусток, полученных из растворов блоксополиуретанов, которая исключает явление загущения загустки при сдвиговом течении и обеспечивает улучшение ее псевдопластических свойств.

Методика. Проблему решали путем анализа существующих представлений о причинах возникновения сдвигового загущения в дисперсных системах и особенностей химического строения, свойств и структуры блоксополиуретанов, в том числе образуемых ими гелей. Базу экспериментальных данных получили методом ротационной вискозиметрии.

Результаты. Изучены реологические кривые уретановых загусток и влияние на их реологическое поведение солей металлов, способных к образованию координационных связей, а также добавок к уретановой загустке полимеров других типов в виде гелей.

Научная новизна. Впервые описан механизм воздействия ионов металлов и добавок полимеров других типов на уретановую загустку, в результате которого исключается явление сдвигового загущения загустки. Механизм действия добавок к уретановой загустке базируется на ослаблении или исключении возможного взаимодействия уретановых групп между собой.

Практическая значимость. Предложенные способы модификации улучшают псевдопластические свойства уретановых загусток, что позволяет их использовать в пигментных печатных системах, в том числе при невысоких скоростях сдвига.

Ключевые слова: загуститель, полиуретан, реология, сдвиговое загущение, модификация.

Введение. В последнее время возникла необходимость поиска новых типов связующих веществ для пигментных печатных красок. Весьма перспективными в этом направлении являются водные дисперсии полиуретановых иономеров [1] и применяемые для них загустители уретановой природы [2], в частности Лапрол-ДЗ [3]. Полимер загустителя синтезирован на основе простого полиэфира, модифицированного диизоцианатом и жирным спиртом или жирной кислотой. Предпринятые нами попытки использовать Лапрол-ДЗ для загущения пигментных печатных композиций, приготовленных на основе дисперсий полиуретановых иономеров, показали, что загуститель хорошо «работает» на высоких скоростях сдвига, а при низких отмечался такой вид брака как «непропечатка» рисунка. Исследования реологических кривых Лапрола-ДЗ показали, что загустка из него имеет некоторые особенности реологического поведения по сравнению с типовыми загустителями, загустки из которых характеризуются как псевдопластические среды. При низких скоростях сдвига полиуретановый гель почти не разрушается, а, напротив, загущается, т.е. загустка не ведет себя как псевдопластическая среда и использоваться в качестве загустителя печатной краски при работе на низких скоростях сдвига не может.

Постановка задания. На (рис. 1) представлены реологические кривые геля из Лапрола-ДЗ – зависимости вязкости η от скорости сдвига $\dot{\gamma}$ в логарифмических координатах, а именно $\ln \eta = f(\ln \dot{\gamma})$.

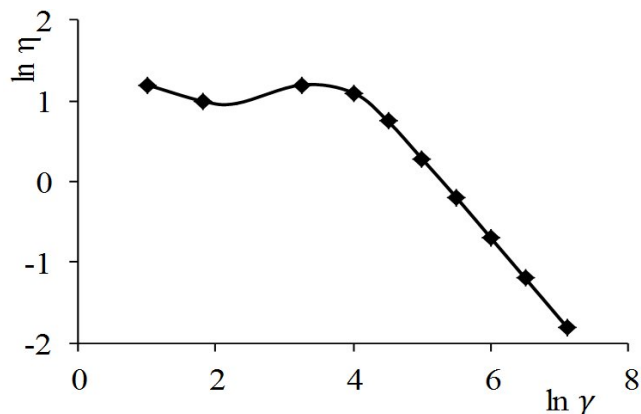


Рис. 1. Реологическая кривая уретанового геля

Как видно, в начале кривой наблюдается слабое разрушение загустки, а на участке, где $\ln \dot{\gamma} = 2 - 4$ на кривых наблюдается явление сдвигового загущения – увеличение вязкости при повышении скорости сдвига, после чего кривая приобретает вид, характерный для псевдопластических сред и типичных загустителей.

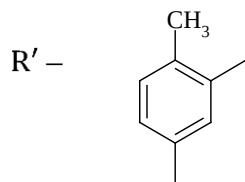
Целью работы являлась модификация уретановых загусток, полученных из растворов блоксополиуретанов, которая исключает явление загущения загустки при сдвиговом течении и обеспечивает улучшение ее псевдопластических свойств.

Результаты исследования и их обсуждение. Предметом исследования были растворы и гели блоксополимера со следующей общей формулой:



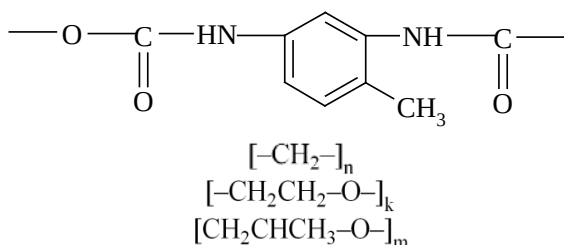
где $n = 1-5$;

R – первичный жирный спирт с углеводородной цепью, состоящей из 20-25 атомов углерода,



R'' – полиоксиэтиленгликоль или полиоксипропиленгликоль.

В макромолекуле полимера можно выделить следующие блоки:



– уретановые группы, связанные с ароматическим кольцом (фрагмент толуилендиизоцианата)

– алифатический фрагмент

– оксиэтилы

– оксипропилы

В макромолекуле, как видно, имеются уретановые и простые эфирные группы, алифатические составляющие, блоки из окисей этилена и пропилена.

Указанные фрагменты характеризуются селективной растворимостью в растворителях, поэтому для получения растворов полимера последний растворяют в смесях растворителей [3].

В работе использовали раствор указанного полимера в органических растворителях. Полимер растворяли в следующем составе: пропиленгликоль (или этиленгликоль), изопропиловый спирт и вода в соотношении 3:1:1. Соотношение полимер – растворитель составляло 2:5.

Загустку из растворов блоксополиуретана получали методом ухудшения селективной растворимости полимера, а именно, путем добавления к раствору полимера воды из расчета 9 частей воды и 1 часть раствора полимера. При перемешивании происходило застудневание раствора и последний переходил в гель. Этот гель использовали в качестве готовой загустки для реологических испытаний. Массовая доля сухого полимера в загустке составляла 2,85 % и обеспечивала вязкость, необходимую пигментным печатным краскам (6-8 Па·с).

Реологические характеристики загусток снимали при температуре 25 °C при помощи ротационного вискозиметра «Rheotest 2» (Германия) в диапазоне скоростей сдвига $\dot{\gamma}=0,02-1,3 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$.

Вязкость η рассчитывали по формуле (1):

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}, \quad 1)$$

где $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига.

Реологические кривые – зависимости $\eta = f(\dot{\gamma})$ – представляли в логарифмических координатах.

Чтобы исключить явление сдвигового загущения необходимо знать причины, которые его вызывают.

Выявлению причин сдвигового загущения в различных системах посвящено значительное количество работ, несмотря на то, что это явление относительно редкое.

Наиболее подробно изучены дисперсные среды с эффектом сдвигового загущения [4–12].

В дисперсных системах интенсивность эффекта сдвигового загущения в значительной степени зависит от размеров частиц дисперсной фазы [4]. Это подтверждается также в работе [5], авторы которой для объяснения эффекта сдвигового загущения предложили модель системы, основанную на изменении размера поверхности контакта фаз. На этих же идеях основана работа [6].

Работа [7] касается изучения систем, содержащих маисовый крахмал. Сдвиговое загущение в этих системах авторы объясняют изменениями структуры, индуцируемыми течением системы. Однако, в отличие от исследуемых нами систем, сдвиговое загущение исследуемых в [7] системах, не является обратимым.

Авторы работы [8] показали, что на величину эффекта влияют размер частиц, их концентрация и среда.

Анализ указанных выше работ позволил выделить следующие причины сдвигового загущения:

- конформационные изменения макромолекул;
- изменение структуры системы под действием напряжения сдвига;
- кластеризация частиц системы и новая архитектура частиц системы;
- размеры частиц или локальных участков макромолекулы полимера;
- концентрация частиц;
- природа среды.

Исследуемая загустка представляет собой дисперсную полимерную систему, в связи с чем во внимание должны быть приняты все указанные причины, а прежде всего, конформационные изменения макромолекул в условиях сдвигового напряжения.

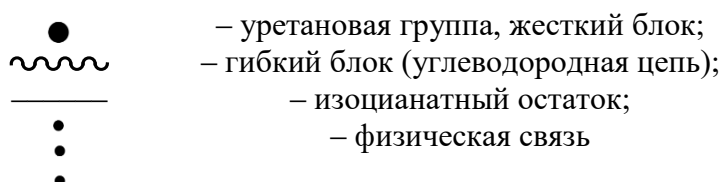
Основанием принять во внимание указанные причины сдвигового загущения являются также особенности химического строения полимера загустителя. Полимер, как указано выше, представляет собой блоксополиуретан, в цепях которого чередуются подвижные гибкие и прочные жесткие блоки. Особенностью полиуретанов является способность к образованию между цепями межмолекулярных связей различной природы и энергии. При этом формируется пространственная сетка связей, где главная роль принадлежит не химическим, а физическим связям [13]. Благодаря этому, а также гибкости макромолекул и отдельных фрагментов макромолекулы, пространственная сетка полиуретанов отличается высокой подвижностью и способностью к перестройке при механическом воздействии без потерь прочности. Наличие подвижной структуры, по мнению Липатова Ю.С., дает основание рассматривать подобную структуру по аналогии с тиксотропными структурами [13].

При напряжении сдвига в системе происходит перемещение макромолекул относительно друг друга, в результате чего существующая между ними сетка связей разрушается. В результате перемещения макромолекул и отдельных их фрагментов могут возникнуть предпосылки для возникновения новых связей между макромолекулами. Количество вновь возникших связей может быть большим и для их разрушения потребуется большее напряжение.

Отмеченное выше можно продемонстрировать следующей схемой (рис. 2):



Рис. 2. Изменение сетки физических связей между макромолекулами в полиуретане:



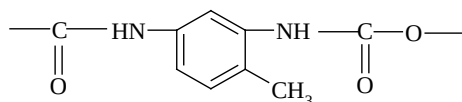
Таким образом, в полиуретанах под влиянием механического воздействия может происходить полное разрушение существующей сетки и формирование новой, более прочной, для разрушения которой потребуется большее напряжение сдвига.

С учетом этого сделано предположение о том, что влияние на реологические кривые

уретановой загустки можно осуществлять путем ослабления взаимодействия между уретановыми фрагментами.

Поскольку в исследуемом полимере уретановые группы расположены по краям ароматической, сопряжение уретановых групп распространяется и на ароматическую группу. Таким образом, создается единое π -электронное облако, охватывающее две уретановые группы и бензольное кольцо, т.е. ароматическую группу.

В связи с этим фрагменты макромолекул имеют возможность одновременно связываться за счет ароматических и за счет уретановых групп.



Таким образом локализованная сетка геля полиуретана формируется главным образом двумя типами связей:

- за счет сил Ван-дер-Ваальса, которые действуют между ароматическими группами;
- связей, созданных одновременно силами Ван-дер-Ваальса ароматических групп и за счет донорно-акцепторного взаимодействия уретановых групп.

В соответствии с этим в уретановой загустке, в макромолекуле которой в качестве диизоцианата используется толуилендиизоцианат, формируются узлы двух типов, что можно показать следующей схемой (рис. 3):

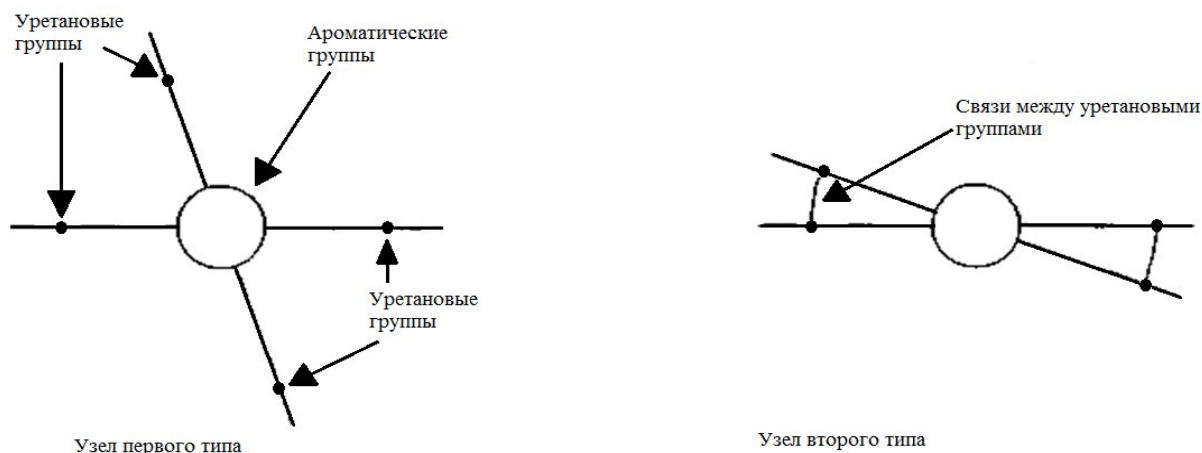


Рис. 3. Типы узлов локализованной сетки

Образовавшийся второй тип узла более прочный, чем первый. Очевидно, что если создать препятствие для реализации зацеплений второго типа, когда одновременно реализуются два типа связей, повышения прочности сетки можно избежать и соответственно исключить сдвиговое повышение вязкости системы.

Изложенное выше служит теоретическими предпосылками для модификации реологических свойств уретановых загусток: в процессе модификации должна быть исключена способность загустителя к трансформации узлов сетки из первого типа во второй.

Это может быть обеспечено препятствием ориентации сегментов при низких скоростях сдвига, что достигается присутствием в системе макромолекул других полимеров, например, альгината натрия, или снижением вероятности образования донорно-акцепторных

связей между уретановыми группами коротких жестких сегментов, что может быть обеспечено присутствием в системе ионов металлов, способных к координационным связям.

На рис. 4 приведены реологические кривые трех уретановых загусток: немодифицированной, модифицированной сульфатом магния (5 %) в процессе получения загустки и после ее получения.

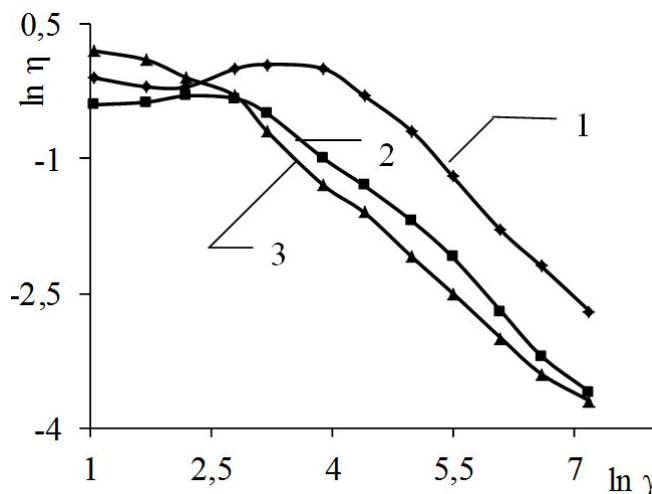


Рис. 4. Реологические кривые уретановых загусток:

1 – немодифицированной; 2 – модифицированной сульфатом магния при получении загустки; 3 – модифицированной сульфатом магния после получения загустки

Из рисунка следует, что добавки ионов металла в систему исключают явление сдвигового загущения. Механизм действия можно объяснить тем, что катионы металла, способные к образованию координационных связей, связывают неподеленную пару электронов атома азота уретановой группы. В условиях, когда атом азота уретановой группы связан координационной связью с ионом металла, затрудняется способность к трансформации узла во второй тип.

Таким образом, реализуется способ модификации загустки путем блокировки в макромолекулах полимера уретановых групп.

Заблокированные ионом металла уретановые группы при ориентации вдоль оси потока сегментов не могут образовать связи друг с другом, т.е. не могут участвовать в трансформации узлов сетки геля. Отмеченное можно показать на схеме, приведенной на рис. 5.

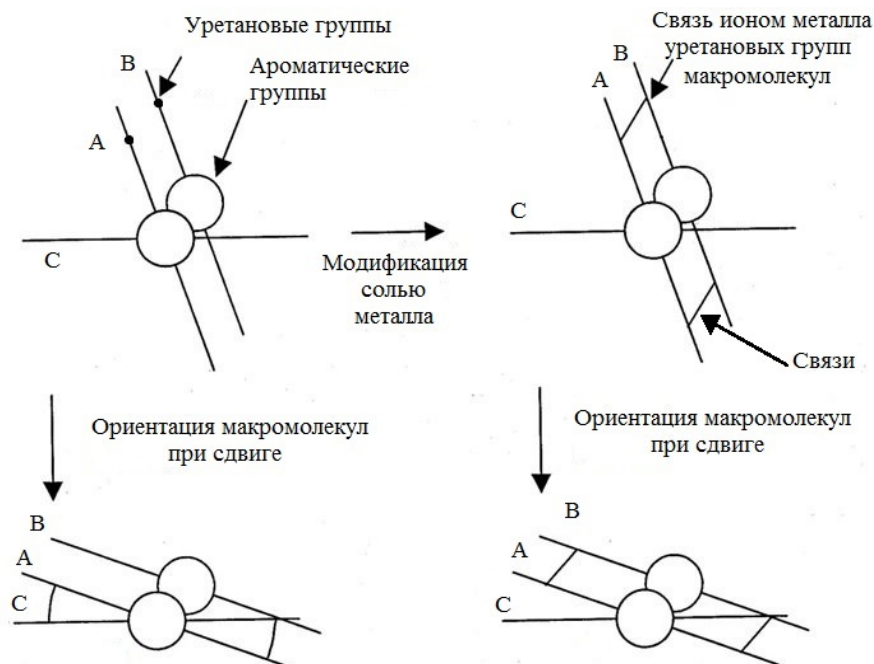


Рис. 5. Схема модификации загустки ионами металлов, способных к образованию координационных связей

Как видно из рисунка 5, при сдвиговом течении и ориентации вдоль оси потока сегментов макромолекул полимера, в которых связь между уретановыми группами осуществлялась за счет иона металла (сегменты А и В), взаимодействие с фрагментом С макромолекулы места не имеет, т.е. узел второго типа не образуется.

В немодифицированной солью металла загустке, когда фрагменты А и В не связаны, в процессе сдвига реализуется связь между фрагментами А и С.

Однако, сравнивая реологические кривые 2 и 3 на рис. 4, можно видеть, что модификацию геля солью металла лучше производить после формирования геля, так как при этом повышается вязкость загустки и улучшаются псевдопластические ее свойства при низких скоростях сдвига. Это важно, например, при ручной печати, что было подтверждено в процессе внедрения загустителя в производство Киевской галантерейной фабрики, где художественная печать осуществляется ручным способом.

Приведенный механизм модификации загустки солями металлов можно рассматривать как наиболее вероятный. Для его подтверждения необходимы дальнейшие исследования с привлечением инструментальных методов анализа, что составляет предмет дальнейших исследований авторов.

Препятствуют возникновению сдвигового загущения и добавки высокомолекулярных соединений, среди которых могут быть использованы известные полимеры, применяемые в качестве загустителей. Среди них наиболее эффективными являются добавки альгинатных загустителей – альгината натрия (рис. 6) и манутекса RS (рис. 7).

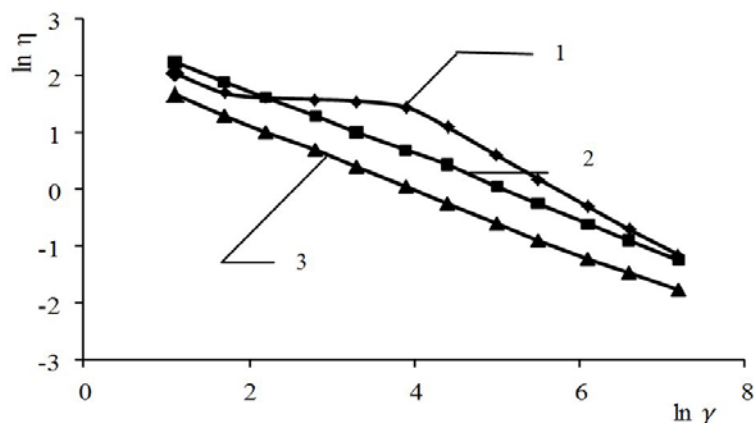


Рис. 6. Реологические кривые уретановой загустки: 1 – без добавок; 2 – с добавкой альгината натрия 0,6 г/кг; 3 – с добавкой альгината натрия 0,75 г/кг

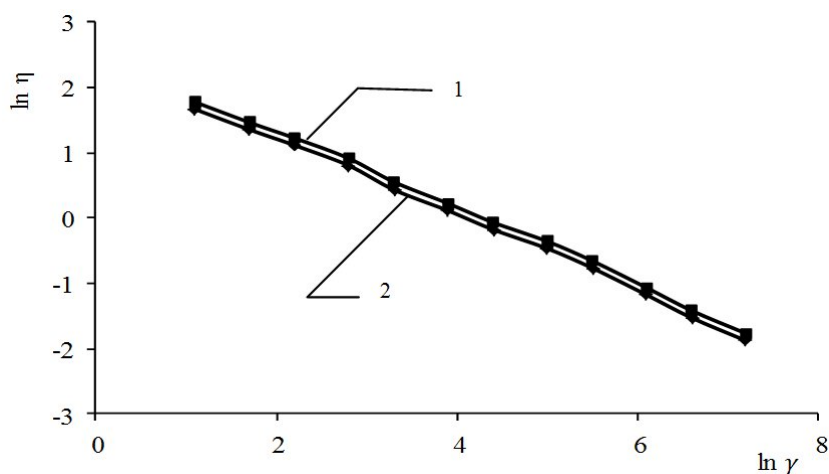


Рис. 7. Реологические кривые загустки из Лапрола-ДЗ с добавкой загустки из манутекса RS: 1– 5 %; 2 – 10 %

Аналогичное воздействие на уретановую загустку оказывают и другие типы загустителей, используемые в текстильной печати, в частности загустители на основе крахмала (рис. 8).

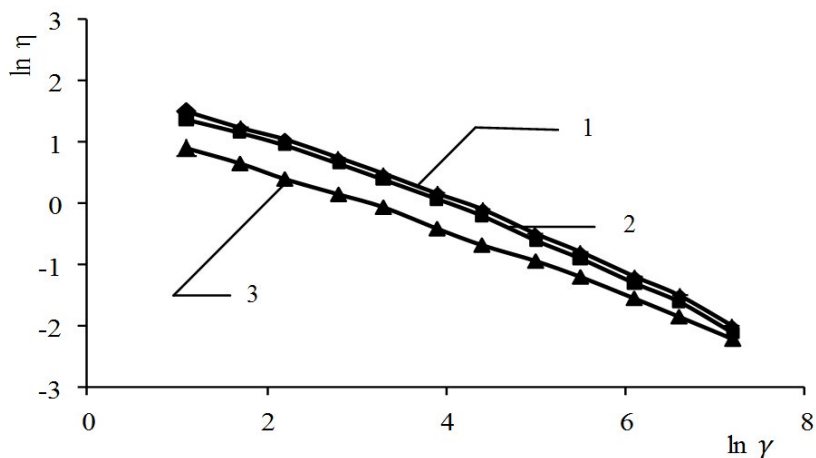


Рис. 8. Влияние добавок загустки на основе крахмала на реологические кривые уретановой загустки: 1,2,3 – количество добавки от массы уретанового загустителя 5, 10, 15 % соответственно

Механизм действия полимерных добавок в уретановую загустку можно связать с пространственными факторами. Очевидно, что большие макромолекулы полимерных добавок препятствуют перемещению сегментов макромолекул уретанового загустителя в объеме геля и снижают возможность сближения и установления связей между жесткими сегментами макромолекул.

Модифицированная приведенными способами уретановая загустка обеспечивает качественную пигментную печать, исключает такой вид брака как «непропечатка», обеспечивает повышение производительности труда, что подтверждено в условиях производства, где выполнялись художественные работы при низких скоростях сдвига.

Выводы

1. Предложен вероятный механизм сдвигового загущения уретановой загустки на основе качественной модели изменяемой структуры геля блоксополиуретана, которая предполагает образование в геле локализованной сетки с двумя типами узлов межмолекулярных связей, способных к трансформации при сдвиговом течении системы и переходу с одного типа связи в другой.

2. На основе предполагаемого механизма сдвигового загущения геля предложены эффективные способы модификации уретановых загусток, которые создают препятствие к донорно-акцепторному взаимодействию уретановых групп между собой, в частности, за счет введения добавок солей металлов, способных к образованию координационных связей с указанными группами, и добавок полимеров других типов, действие макромолекул которых, очевидно, основано на пространственном факторе и препятствии взаимодействию фрагментов макромолекул с уретановыми группами между собой.

Список использованной литературы

1. Сухорукова С. Синтез и исследование анионоактивных полиуретанов [Текст] / С. Сухорукова, Н. Левченко, А. Греков, В. Храновский // Высокомолекулярные соединения. – 1984. – Т. 26, № 5. – С. 932-938. – (Сер.: А).
2. Яновская О. Использование упронила в качестве загустителя пигментных печатных красок [Текст] / О. Яновская, А. Мищенко // Сборник научных трудов: Ресурсосберегающие технологии. – 1993. – С. 27-28.
3. Лапрол ДЗ – олигомерный загуститель для водных систем [Текст] : Информационный листок № 116 / Т. Антоненко. – Владимир : ЦНТИ, 1993. – 2 с. – (Сер.: Р.61.65.09).
4. Otsubo Y. Size Effects on the Shear-Thickening Behavior of Suspensions Flocculated by Polymer Bridging [Text] / Y. Otsubo // Journal of Rheology. – 1993. – № 37(5). – С. 789-809.
5. Hu Y. Rheological and Flow Birefringence Studies of a Shear-Thickening Complex Fluid – A Surfactant Model System [Text] / Y. Hu, S. Wang, A. Jamieson // Journal of Rheology. – 1994. – № 38(3). – С. 531-546.
6. Boersma W. Computer Simulations of Shear Thickening of Concentrated Dispersions [Text] / W. Boersma, J. Laven, H. Stein // Journal of Rheology. – 1995. – № 39(5). – С. 841-860.
7. Dintezis F. Shear-Thickening and Flow-Induced Structure in a System of DMSO Containing Waxy Maize Starch [Text] / F. Dintezis, E. Bagley, F. Felker // Journal of Rheology. – 1995. – № 39(6). – С. 1399-1409.

8. Frith W. Shear Thickening in Model Suspensions of Sterically Stabilized Particles [Text] / W. Frith, P. d'Haene, R. Buscall, J. Mewis // *Journal of Rheology*. – 1996. – № 40(1). – С. 531-548.
9. Bender J. Reversible Shear Thickening in Monodisperse and Bidisperse Colloidal Dispersions [Text] / J. Bender, N. Wagner // *Journal of Rheology*. – 1996. – № 40(5). – С. 899-916.
10. Hoffman R. Explanations for the Cause of Shear Thickening in Concentrated Colloidal Suspensions [Text] / R. Hoffman // *Journal of Rheology*. – 1998. – № 42(1). – С. 111-124.
11. Yavich D. Experimental Studies of an Entangled Polystyrene Solution in Steady State Mixed Type Flows [Text] / D. Yavich, D. Mead, J. Oberhauser, L. Leal // *Journal of Rheology*. – 1998. – № 42(3). – С. 452-461.
12. Hu Y. Shear Thickening in Low-Concentration Solutions of Worm-Like Micelles I: Direct Visualization of Transient Behavior and Phase Transitions [Text] / Y. Hu, Ph. Boltenhagen, D. Pine // *Journal of Rheology*. – 1998. – № 42(4). – С. 1211-1235.
13. Липатов Ю.С. Структура и свойства полиуретанов [Текст] : монография / Ю.С. Липатов, Ю.Ю. Керча, Л.М. Сергеева. – К. : Наукова думка, 1970. – 280 с.

References

1. Suhorukova S. A., Levchenko N. I., Grekov A. P., Hranovskiy V. A. Sintez i issledovanie anionaktivnykh poliuretanov, *Vyisokomolekulyarnye soedineniya*, 1984, Ser. A, Vol. 26, No. 5, pp. 932–938.
2. Yanovskaya O. V., Mischenko A. V. Ispolzovanie upronila v kachestve zagustitelya pigmentnykh pechatnykh krasok. *Resursoberegayushchie tehnologii: Sbornik nauchnykh trudov*, K., 1993, pp. 27–28.
3. Antonenko T. A. Laprol DZ – oligomernyy zagustitel dlya vodnykh system. *Informatsionnyy listok № 116*, Seriya R.61.65.09, Vladimir, TsNTI, 1993, 2 p.
4. Otsubo Y. Size Effects on the Shear-Thickening Behavior of Suspensions Flocculated by Polymer Bridging, *Journal of Rheology*, 1993, No. 37(5), pp. 789–809.
5. Hu Y., Wang S. Q., Jamieson A. M. Rheological and Flow Birefringence Studies of a Shear-Thickening Complex Fluid – a Surfactant Model System, *Journal of Rheology*, 1994, No. 38(3), pp. 531–546.
6. Boersma W. H., Laven J., Stein H. N. Computer Simulations of Shear Thickening of Concentrated Dispersions, *Journal of Rheology*, 1995, No. 39(5), pp. 841–860.
7. Dintezis F. R., Bagley E. B., Felker F. C. Shear-Thickening and Flow-Induced Structure In a System Of DMSO Containing Waxy Maize Starch, *Journal of Rheology*, 1995, No. 39(6), pp. 1399–1409.
8. Frith W. J., d'Haene P., Buscall R., Mewis J. Shear Thickening In Model Suspensions of Sterically Stabilized Particles, *Journal of Rheology*, 1996, No. 40(1), pp. 531–548.
9. Bender J., Wagner N. J. Reversible Shear Thickening In Monodisperse And Bidisperse Colloidal Dispersions, *Journal of Rheology*, 1996. – No. 40(5), pp. 899–916.
10. Hoffman R. L. Explanations For The Cause of Shear Thickening In Concentrated Colloidal Suspensions, *Journal of Rheology*, 1998, No. 42(1), pp. 111–124.
11. Yavich D., Mead D. W., Oberhauser J. P., Leal L. G. Experimental Studies of an Entangled Polystyrene Solution In Steady State Mixed Type Flows, *Journal of Rheology*, 1998, No. 42(3), pp. 452–461.
12. Hu Y., Boltenhagen Ph., Pine D. J. Shear Thickening In Low-Concentration Solutions of Worm-Like Micelles I: Direct Visualization of Transient Behavior And Phase Transitions, *Journal of Rheology*, 1998, No. 42(4), pp. 1211–1235.

13. Lipatov Yu. S., Kercha Yu., Sergeeva L. M. Struktura i svoystva poliuretanov : monografiya. Kiev, Naukova dumka, 1970, 280 p.

ПОКРАЩЕННЯ ПСЕВДОПЛАСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАГУСТОК НА ОСНОВІ РОЗЧИНІВ БЛОКСОПОЛІУРЕТАНУ

МІЩЕНКО Г. В., ВЕНГЕР О. О., РАСТОРГУЄВА М. Й.

Херсонський національний технічний університет

Мета. Метою роботи являлася модифікація уретанових загусток, отриманих з розчинів блоксополіуретанів, яка виключає явище загущення загустки при зсувній течії і забезпечує покращення її псевдопластичних властивостей.

Методика. Проблему вирішували шляхом аналізу існуючих уявлень про причини виникнення зсувного загущення в дисперсних системах і особливостей хімічної будови, властивостей і структури блоксополіуретанів, в тому числі утворених ними гелів. Базу експериментальних даних отримали методом ротаційної віскозиметрії.

Результати. Вивчені реологічні криві уретанових загусток і вплив на їх реологічну поведінку солей металів, здатних до утворення координаційних зв'язків, а також добавок до уретанової загустки полімерів інших типів у вигляді гелів.

Наукова новизна. Вперше описано механізм впливу йонів металів і добавок полімерів інших типів на уретанову загустку, в результаті якого виключається явище зсувного загущення загустки. Механізм дії добавок до уретанової загустки базується на послабленні або виключенні можливої взаємодії уретанових груп між собою.

Практична значимість. Запропоновані способи модифікації покращують псевдопластичні властивості уретанових загусток, що дозволяє їх використовувати в пігментних системах для друкування, в тому числі при невисоких швидкостях зсуву.

Ключові слова: *загущувач, поліуретан, реологія, зсувне загущення, модифікація.*

IMPROVING OF PSEUDOPLASTIC PROPERTIES OF THICKENERS BASED ON BLOCKCOPOLYURETHANE SOLUTIONS

MISCHENKO A., VENGER E., RASTORGUEVA M.

Kherson National Technical University

Purpose. The purpose of the article was the modification of the urethane thickeners received from blockcopolyurethanes solutions that eliminates the phenomenon of thickener thickening in the shear flow and provides improving of its pseudoplastic properties.

Methodology. The problem was solved by analyzing of existing ideas about the causes of appearance of shear thickening in disperse systems and features of chemical structure, properties of blockcopolyurethanes, including gels formed by them. The base of the experimental data has been obtained by rotational viscometry.

Findings. The rheological curves of urethane thickeners and influence on its rheological behavior metals' salts, which capable to formation of coordination bonds, and additives of polymers another types as gels to urethane thickener.

Originality. The mechanism of influence of metals ions and additives of polymers another types on urethane thickener, whereby the phenomenon of thickener shear thickening is excluded, has been described first. The mechanism of action of additives to urethane thickener is based on weakening or exclusion of possible interaction between urethane groups.

Practical value. The proposed modification methods improve the urethane thickeners' pseudoplastic properties, which allows to use its in pigmented systems for printing, including printing at low shear rates.

Keywords: *thickener, polyurethane, rheology, shear thickening, modification.*

УДК 7.012.001.891

НІКОЛАЄВА Т. В., ШАФРАНСЬКА Т. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗВИТОК НАЦІОНАЛЬНИХ ХУДОЖНІХ ТРАДИЦІЙ В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З ДИЗАЙНУ КОСТЮМА ТА БРЕНДОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Мета. Визначення головних функцій та етапів підготовки фахівців в галузі дизайну костюма та брендової продукції на основі національних художніх традицій.

Методика. В проведенні досліджень використано літературно-аналітичні та історіографічні методи, метод системно-структурного аналізу для визначення етапів проектної діяльності та принципів структурної побудови об'єктів дизайну костюма з елементами брендової продукції.

Результати. На основі проведеного аналізу визначено цілі, задачі й головні етапи побудови навчального процесу з підготовки дизайнерів, розроблено структурування процесу проектної діяльності в дизайні костюма з елементами брендової продукції.

Наукова новизна. Виконано обґрунтування та систематизацію структурної побудови процесу підготовки фахівців в галузі дизайну костюма та брендової продукції, на основі принципів етнотрибуна, національних, етнохудожніх традицій та культурного надбання народу.

Практична значимість. Представлено рекомендації з структурної побудови освітнього процесу підготовки дизайнерів костюма з елементами брендової продукції, на основі етнотрибуна народного мистецтва.

Ключові слова: етнотрибуна, національна культура, народний костюм, брендова продукція, етапи проектування.

Вступ. Для активізації процесів впровадження національних традицій в сучасному мистецтві моделювання костюма, розробки стратегії просування національних брендів, необхідним є вивчення досвіду розвитку народного мистецтва з метою передачі знань сучасному поколінню, при одночасному збереженні традицій. Етнотрибуна має важливе значення для професійної підготовки дизайнерів та формування принципів національного брендингу, оскільки він є засобом інтеграції народного мистецтва в сучасному дизайні [1].

Одним із головних завдань майбутніх дизайнерів є збереження та розвиток етнічних художніх традицій, формування естетичного смаку, відчуття прекрасного, любові й пошани до національних художніх традицій, інтересу до культур інших народів. Традиційність етнічного мистецтва полягає в тісному зв'язку та пошані до цінностей минулих поколінь, які передають молодим дизайнерам знання і навички, вироблені досвідом народної культури та вмінням народних майстрів [2].

Традиції національного мистецтва здатні впливати на становлення естетичної позиції сучасних фахівців. Дизайнери мають можливість поглянути на народне мистецтво з нової точки зору, надихнутися етнічними мотивами і творчо їх переосмислити. Розуміння принципів етнотрибуна пов'язане з уявленнями про роль народного мистецтва в розвитку національних та етнохудожніх традицій та національного брендингу.

Постановка завдання. Сучасному дизайнеру, що визначає мету збереження культурних традицій свого народу, необхідно володіти не лише стандартними знаннями, але й засобами досягнення нових фахових знань та навичок в проектування перспективних об'єктів дизайну.

Пізнавальний процес визначає креативність, яка породжує нові ідеї, що відрізняються від стандартних схем мислення, завдяки чому з'являється активність та оригінальність в творчому процесі [3]. Майбутні дизайнери набувають цілеспрямованості, національної та фахової визначеності. Розвитком творчого потенціалу майбутнього дизайнера є процес якісних змін його фахових характеристик, опанування прийомів творчої діяльності, формування творчих мотивів та професійних навичок. В процесі навчання відбувається формування людини-творця, естетика, що шанує національні традиції та культуру.

Розвиток художньої творчості на основі національних традицій є необхідною складовою професійно-практичної підготовки майбутніх дизайнерів. Вони мають можливості розробки власних концепцій дизайн-проектів, які будують приклади використання етнічних форм і орнаментів в дизайні, використовують отримані знання в проектуванні рядів сучасних моделей одягу, торгівельній рекламі, оформленні виставок і вітрин.

В сучасному суспільстві відчутно посилився інтерес до культурних традицій різних народів. Культура – це спосіб буття людини у формуванні оточуючого середовища, де виявляються її внутрішні здібності, що передусім відповідають за формування духовності, світосприйняття навколишнього і відтворення його через різні види мистецтв.

Закономірності розвитку художньої культури суспільства взаємопов'язані; це традиції і сучасність, народне і професійне. Розробляються нові технології, пропонуються новітні матеріали, приходять талановиті, повні творчого натхнення фахівці, які й формують сучасне суспільство, основою якого має бути культурна спадщина народу, до кінця осмислена і ретельно вивчена [4].

Результати досліджень. Інтерес до національної культури у суспільстві позначився увагою до розвитку дизайн-освіти. Зміст і структура досліджень в галузі етнокультури вбирає монокультурний, мультикультурний та міжкультурний компоненти. Особливо слід звертати увагу на використання елементів традиційної народної культури, при поглибленому їх вивченні і дослідженні. Народне мистецтво, зокрема народний костюм, як джерело творчості, досить різноманітне за регіональними ознаками, а отже є невичерпним творчим виток у створення форм сучасної брендової продукції.

Форми народного костюма перевірені часом. На їх формування мали вплив і соціальні явища, і кліматичні умови, і потреба народу в гармонії краси, завдяки чому костюм став неперевершеним, самотутнім творчим джерелом, тісно переплетеним з природою та образом життя. Національний костюм пройшов складний шлях перетворень, увібравши в себе кращі надбання минулого і збагатившись елементами сучасних культур в розвитку світової культури [5].

Процес створення костюма складається з народження ідеї, проведення передпроектних досліджень, розробки художнього проекту і виконання його в матеріалі. Одним з основних початкових етапів художнього проектування костюма є етап дослідження ідей нових форм та образів. Це результат тривалого пошуку, вивчення і осмислення національної культури костюма. Розробка проекту потребує значного творчого потенціалу, умінь мислити певними образами та уявленнями. Найбільш цікавим джерелом творчих ідей у художньому проектуванні, багатою скарбницею для дослідження, є традиційний український народний костюм. Приступаючи до його аналізу, ретельно вивчаються складові

народного вбрання, виконується його графічна копія, досліджується форма, структура, крій, пропорційне членування, декор; визначається яким чином деталі крою та оздоблення підпорядковані загальній формі костюма. Проте, це не визначає створення якісної копії народного костюма, а перш за все, пошук і впровадження інноваційних проектно-дизайнерських методів (використовуючи окремі елементи першоджерела), які б допомогли досягти відчуття тієї національної самовизначеності, що визначатиме культурну ідентичність в сучасних формах. Методи стилізації та інтерпретації давно використовуються в практиці художнього проектування. Набуття навиків стилізації – необхідна умова сучасного проектування костюма. Прийоми стилізації виступають показником творчих навичок в процесі художнього проектування, основою якого є традиційний крій, колорит, орнаментация та оздоблення народного одягу.

В процесі проектного дослідження, відбувається аналіз характерних ознак форми і структурної побудови традиційного костюма, з подальшим виділенням його найхарактерніших елементів, що згодом стилізуються і трансформуються в конкретну форму сучасного одягу, визначену естетичними та ергономічними вимогами (рис.1.).



Рис.1. Принципи розробки сучасного костюма на основі національних художньо-композиційних елементів та знакових елементів брендової продукції

Необхідно брати за основу художню образність, коли форма, конструктивні особливості, кольорова гама, фактура матеріалів лише нагадують першоджерело, влітаючи в контекст сучасного дизайну, привносячи в нього етнічне спрямування та національний колорит.

В безкінечному оновленні форм костюма, є своя привабливість, що робить світ моди вічно молодим, таким чином відбувається постійна взаємодія сучасного і минулого, інновація традицій, з урахуванням сучасних вимог і національного культурного надбання та його проявів в особливостях брендової продукції (рис.2.).

Ефективною складовою підготовки майбутніх дизайнерів в галузі художнього моделювання костюма, важливим чинником розвитку їх творчих здібностей, є метод творчих навчальних проектів, що ґрунтується на дослідницько-пошуковій діяльності в процесі розв'язання завдань проблемного характеру. Виконання творчих проектів є також засобом розвитку образного мислення та естетичного смаку.

Наукова та творча проектна діяльність передбачає розробку структурної форми, колориту, декору, технології виготовлення та реалізації об'єкта проектування. Основними мотивами творчої проектної діяльності є набуття знань, умінь та відповідних компетентностей; національне самовизначення та професійне становлення. Метою творчої проектної діяльності є навчальний проект, від ідеї до її розробки та реального втілення у матеріалі, з використанням знакових елементів національного костюма та символіки брендової продукції.



Рис.2. Алгоритм художнього проектування костюма на основі національних традицій та брендкових характеристик

Творча проектна діяльність розвиває знання, формує високі мотиви до навчання та прагнення до самовдосконалення. Науково-проектне навчання дозволяє здійснити ефективний перехід від формування ідеї до її розвитку, а також реалізації проектної продукції цільового призначення.

Характерні риси, що властиві методу творчих навчальних проектів представляють собою результативність, проблемність та естетичну довершеність об'єктів проектування.

Використання методу творчих навчальних проектів реалізується на наступних рівнях навчального процесу:

- передпроектний аналіз та проблемний підхід до виконання проекту, в якому формується логіка виділення проблеми із заданої проблемної ситуації, пошук та висування гіпотез, їх обґрунтування та перевірка, а також оцінювання отриманих результатів;
- виконання проекту за обраною тематикою, формування конкретних дій та етапів творчої діяльності;
- самостійне виконання творчого навчального проекту на рівні моделювання художньо-проектної діяльності фахівців відповідного профілю в галузі художнього моделювання костюма та брендової продукції (Таблиця 1).

Таблиця 1

Етапи реалізації методу науково-творчих навчальних проектів у процесі фахової підготовки дизайнерів

Етапи	Стадії	Науково-методична характеристика
Передпроектний етап (науково-пошуковий)	Розробка технічного завдання (вибір і затвердження теми). Пошук творчих джерел в напрямку національної культури та костюма	Системний пошук способу розв'язання проектного завдання, самостійний пошук, збір та систематизація необхідної інформації. Визначення предмету інформаційного пошуку, вимог, пов'язаних з функціональними властивостями, виділення ознак, що визначають критерії для порівняльного аналізу. Встановлення можливостей виконання проекту в матеріалі, визначення питань щодо ергономічних, естетичних, композиційно-пластичних та інших особливостей виконання майбутнього проекту.
Художньо-композиційний етап	Розробка творчих ескізів проекту (на основі аналізу творчого джерела: національної культури та сучасних напрямків формування брендової продукції)	Виконання начерків форм, колориту та орнаменталізації майбутнього виробу. Безпосередній творчий пошук, що має стимулювати творчі ресурси, розвивати фантазію та уяву. Розкриття основного змісту в ескізній формі, спрямоване на розвиток художньо-композиційних здібностей. Розвиток зосередженості, інтенсивної роботи та пам'яті. Виявлення в творчих ескізах емоційно-творчої готовності до виконання проектного завдання. Розвиток художнього смаку, творчого потенціалу, вміння володіти достатньою інформативністю та естетичною довершеністю.

Продовження таблиці 1

Художньо-конструкторський етап	Розробка ескізного проекту (поєднання художньо-композиційних та художньо-конструкторських характеристик, з виділенням характерних рис брендової продукції)	Пошук загального задуму проекту, виконання конструктивних, розробок, що дозволяє вносити необхідні зміни в окремі деталі майбутнього проекту. Розвиток творчого потенціалу, ефективної пошукової діяльності, тактична організація науково-проектної діяльності з широким діапазоном варіантів. Пошук оригінальної форми, колориту та орнаменталізації. Визначення рішення проекту в цілому, проблематики, творчого задуму, ергономічних, конструктивних, технологічних, естетичних питань. Конструктивно-художнє рішення творчого процесу, виявлення оптимального варіанту. Виконання ескізного проекту у графічному виконанні, з формуванням конструктивних навичок.
Етап практичного втілення проектної ідеї	Проектування (з урахуванням вимог до сучасної брендової продукції)	Розробка робочих креслень деталей для акцентування зовнішньої форми, визначення послідовності виготовлення виробу, складання послідовності виконання операцій, розробка поопераційної технології, підбір матеріалів та обладнання.
	Реалізація проекту в матеріалі (з використанням інноваційних технологій та матеріалів)	Розробка технологічного процесу виготовлення, оздоблення та завершального опорядження виробу. Розподіл конкретних завдань по різних технологічних операціях. Контроль за якістю декоративного оздоблення виробу, що дає можливість вносити зміни в конструкцію та послідовність виконання окремих технологічних операцій, з метою їх оптимізації.

Створення сучасної дизайнерської продукції на основі національних та етнохудожніх традицій є надзвичайно актуальним в перспективному розвитку художнього моделювання костюма з ознаками відповідного бренду (Рис. 3.).



Рис.3. Сучасні моделі костюма розроблені на основі характеристик відповідного бренду (Л. Пустовіт, Д. Дорожкіна, А. Гасце)

Висновки. Дослідження науково-методичних засад підготовки фахівців в галузі художнього моделювання костюма та дизайну брендової продукції дають можливість вдосконалення побудови етапів навчального процесу, а також розвитку креативності, оригінальності творчого мислення, національної та фахової визначеності майбутніх дизайнерів. Обґрунтування та систематизація структурної побудови процесу проектної діяльності в дизайні костюма, з елементами брендкових характеристик, на основі національних та етнохудожніх традицій, визначає значимість включення науково-дослідницької складової в проектну діяльність, що є одним з головних засобів формування та розвитку образного мислення та естетичного смаку, набуття знань, умінь та відповідних компетентностей в професійному становленні фахівців в галузі дизайну.

Список використаної літератури:

1. Кавамура Ю. Теория и практика создания моды/ Юнийя Кавамура; перев. с англ. – Минск.: Гревцов Паблишер, 2009.
2. Линч А. Изменения в моде: причины и следствия/ Аннет Линч, Митчелл Д. Штраусс; перев. с англ. – Минск.: Гревцов Паблишер, 2009.
3. Fashion-бизнес: теория, практика, феномен/ под ред. Никола Уайт и Йен Гриффитс; перев. с англ. – Минск.: Гревцов Паблишер, 2008.
4. Ніколаєва Т. В. Тектоніка формоутворення костюма: Навчальний посібник, 3-є видання, доповн. – К.: Арістей, 2011.
5. Джалилиан Ф., Николаева Т. В., Чуприна Н. В. Роль знаковой символики колорита и орнамента в проектировании современной одежды для женщин Ирана, журнал «Дизайн, материалы, технология», Санкт-Петербургский университет дизайна и технологий №1 (41) 2016.

References

1. Kawamura Y. (2009). *Theory and Practice Creation fashion.*- Minsk .: Grevtsov Pablysher [in Russian].
2. Annette Lynch, Mitchell D. Strauss (2009). *Changes in modem: Causes and consequence.* - Minsk .: Grevtsov Pablysher [in Russian].
3. Nicola White and Ian Griffiths (2008). *Fashion-byzness: Theory, Practice, phenomenon.* - Minsk .: Grevtsov Pablysher [in Russian].
4. Nikolaeva T. (2011). *Tectonics forming suit: Manual, 3rd Edition, fulfill.* -K.: Aristey [in Russian].
5. Dzhalylyan F., Nikolaeva T., Chuprina N. (2016). *The role of symbolism of color and ornament in Modern designing clothing for women of Iran.*- St. Peterburh [the magazine "Design, Materials, Technology"], University Design and Technology №1 (41).

РАЗВИТИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ТРАДИЦИЙ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ДИЗАЙН КОСТЮМОВ И БРЕНДОВОЙ ПРОДУКЦИИ

НИКОЛАЕВА Т.В., ШАФРАНСКАЯ Т. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Определение основных функций и этапов подготовки специалистов в области дизайна костюма и брендовой продукции на основе национальных художественных традиций.

Методика. В проведении исследований использованы литературно-аналитические и историографические методы, метод системно-структурного анализа для определения этапов проектной деятельности и принципов структурного построения объектов дизайна костюма с элементами брендовой продукции.

Результаты. На основе проведенного анализа определены цели, задачи и основные этапы построения учебного процесса по подготовке дизайнеров, разработаны структурирование процесса проектной деятельности в дизайне костюма с элементами брендовой продукции.

Научная новизна. Выполнено обоснование и систематизацию структурного построения процесса подготовки специалистов в области дизайна костюма и брендовой продукции на основе принципов этнодизайна, национальных, этнохудожних традиций и культурного наследия народа.

Практическая значимость. Представлены рекомендации по структурному построению образовательного процесса подготовки дизайнеров костюма с элементами брендовой продукции на основе этнотрадиций народного искусства.

Ключевые слова: этнодизайн, национальная культура, народный костюм, брендовая продукция, этапы проектирования.

DEVELOPMENT OF NATIONAL ARTISTIC TRADITIONS IN TRAINING ON DESIGN COSTUMES AND BRANDED PRODUCTS

NIKOLAEVA T.V., SHAFRANSKAYA T.V.

Kiev National University of Technology and Design

Goal. Determination of the main functions and stages of training in the field of costume design and branded products on the basis of national artistic traditions.

Method. In research and analytical uses literary and historiographical method, system-structural analysis to determine the stage of project construction and principles of structural design objects suit with elements of branded products.

Results. Based on the analysis of the aims, objectives and main stages of the learning process for the preparation designers developed the structuring process of project design costume with elements of branded products.

Scientific novelty. Completed studies and systematization of structural construction process of training in the field of costume design and branded products on the basis of etnodyzaynu, national, etnohudozhnih traditions and cultural heritage of the people.

The practical significance. Recommendations of the structural construction of the educational process of preparation of designers costume with elements of branded products from etnotradysiy folk art.

Keywords: etnodyzayn, national culture, folk costume, branded products, the design stage.