

НАУКОВІ НОТАТКИ

**Міжвузівський збірник
(за галузями знань «Технічні науки»)**

**Випуск 67
2019**

Луцьк 2019

РЕДАКЦІЙНА РАДА

Пустюльга С.І., декан МБФ, Луцький НТУ, д.т.н., професор; Рудь В.Д., Луцький НТУ, д.т.н., професор; Савчук П.П., ректор, Луцький НТУ, д.т.н., професор; Шваб'юк В.І., Луцький НТУ, д.т.н., професор; Заболотний О.В., декан ТФ, Луцький НТУ, к.т.н., доцент.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Рудь В.Д., д.т.н., професор, Луцький НТУ (відповідальний редактор); Пустюльга С.І., д.т.н., професор, Луцький НТУ (заступник відповідального редактора); Заболотний О.В., к.т.н., доц., Луцький НТУ (заступник відповідального редактора); Савчук П.П., асистент, Луцький НТУ (відповідальний секретар); Бобир М.І., д.т.н., професор, НТУ України "КПІ"; Гевко Б.М., д.т.н., професор, Тернопільський НТУ; Дядюра К.О., д.т.н., професор, Сумський державний університет; Жигуц Ю.Ю., д.т.н., професор, ДВНЗ Ужгородський національний університет; Кіндрачук М.В., д.т.н., професор, Національний Авіаційний університет; Лотиш В.В., к.т.н., доц., Луцький НТУ; Майстренко А.Л., д.т.н., член-кореспондент НАН України, Інститут надтвердих матеріалів; Максимович В.М., д.ф.-м.н., професор, Луцький НТУ; Пальчевський Б.О., д.т.н., професор, Луцький НТУ; Петраков Ю.В., д.т.н., професор, НТУ України "КПІ"; Петровський В.Я., д.т.н., професор, інститут проблем матеріалознавства НАН України; Повстяной О.Ю., к.т.н., доц., Луцький НТУ; Савчук П.П., д.т.н., професор, Луцький НТУ; Струтинський В.Б., д.т.н., професор, НТУ України "КПІ"; Студеняк І.П., д.т.н., професор, ДВНЗ Ужгородський національний університет; Шваб'юк В.І., д.т.н., професор, Луцький НТУ; Штерн М.Б., д.т.н., професор, Інститут проблем матеріалознавства НАН України; Ярошевич М.П., д.т.н., професор, Луцький НТУ; Allison Macmillan, професор, доктор PhD, Глїндворський університет (Уельс, Великобританія); Драган О.В., к.т.н., доцент, Брестський державний технічний університет (Білорусь); Патер Збігнев, д.т.н., професор, Люблінська політехніка (Польща); Геворк Петросян, д.т.н., професор, Вірменський державний університет (Вірменія); Дімітер Ставнев, д.т.н., професор, Технічний університет м. Варні (Болгарія); Дешка Маркова, д.т.н., професор, Технічний університет м. Габрово (Болгарія)

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 2 від 01.10.2019 р.

Свідоцтво Міністерства юстиції України про державну реєстрацію:

Серія КВ №15901-4373ПР від 13.11.2009 р.

Включено до Переліку наукових фахових видань України наказ МОН України № 528 від 12.02.2015 року та в наукометричну базу РИНЦ.

ISSN: 24-15-39-66

Колонка редактора



Шановні колеги, наші дописувачі!

Звертаюся до Вас зі стислою інформацією стосовного нашого спільного видання Міжвузівського збірника наукових праць «Наукові нотатки». Як це все починалося і що нас чекає? Витоки і майбутнє.

1 квітня 1991 р. Саме тоді Рада Міністрів УРСР прийняла постанову № 87 про створення на базі Луцького філіалу Львівського політехнічного інституту Луцького індустріального інституту.

У жовтні 1991 року при інституті відкрили аспірантуру: ВНЗ отримав право на присудження вчених ступенів кандидатів технічних наук. Спеціалізовані ради тоді очолили професори Ю.Г.Бобро та Г.А.Хайліс.

Саме тоді посвідчення аспіранта Луцького індустріального інституту за №1 отримала аспірантка за спеціальністю «Порошкова металургія та композиційні матеріали» Т.Н. Гальчук (наук. керівник В.Д. Рудь). Активно розвивалися наукові дослідження за напрямком механізації сільськогосподарського виробництва та вдосконалення сільськогосподарських машин (керівник професор Г.А. Хайліс), прикладного матеріалознавства, порошкової металургії та композиційних матеріалів (керівники професор Ю.Г. Бобро, В.Д. Рудь); технології машинобудування (доцент Є.М. Риков). Економічна криза 90-х років минулого століття вплинула і на можливості апробації результатів наукових досліджень аспірантами. Так, всесвітньо відомий журнал «Порошкова металургія» почав друкуватися замість 12 видань на рік всього 6 разів (наприклад №1/2; №3/4 і ін..). В даній ситуації керівництвом Луцького індустріального інституту для попередньої атестації, в першу чергу наукових здобутків аспірантів, було прийнято рішення про заснування власного друкованого видання. Це видання при активній підтримці колег з м. Луганська, м. Києва, м. Одеси, м. Вінниці отримало назву Міжвузівського збірника наукових праць - «Наукові нотатки». Вченою радою Луцького індустріального інституту відповідальним редактором збірника було призначено саме В.Д. Рудя. До складу редакційної колегії крім співробітників Луцького індустріального інституту входили: проф., д.т.н. М.Г. Бойко (м. Донецьк); проф., д.т.н. А.П. Гавриш (м. Київ); проф., д.т.н. Б.М. Гевко (м. Тернопіль); проф., д.т.н. О.В. Якімов (м. Одеса); доц., к.т.н. Ю.М. Сурнін (м. Луганськ).

Перші видання збірника мали зовнішній вигляд та якість друку, що зображені на рисунку 1.

З інтенсивним процесом комп'ютеризації у всіх сферах суспільства змінювався як зовнішній (Рис. 2) вигляд збірника, так і якість друку. З 1996 року збірник «Наукові нотатки» друкується за Рекомендацією Міністерства освіти України, а з 2000 року, згідно постанови ВАК входить в перелік фахових видань України. До 2007 року збірник виходив з друку у форматі А-5, далі у форматі А-4. Географія дописувачів охоплює практично всі регіони України. Неодноразово друкували свої праці вчені за кордону – Росія, Білорусь, Польща, Болгарія, Великобританія. Значний поштовх у подальшому зростанні рейтингу збірника надали матеріали, що друкувалися за результатами проведення Міжнародних науково-практичних конференцій «Теоретичні і експериментальні дослідження в сучасних технологіях матеріалознавства та машинобудування». Ініціаторами проведення конференції в такому форматі виступили Інститут проблем матеріалознавства НАН України (академік В.В. Скороход), Інститут проблем міцності НАН України (академік А.О. Лебедев) та Луцький національний технічний університет (ректор В.В. Божідарнік).



Зліва на право: В.В. Скороход, В.В. Божідарнік, А.О. Лебедев

Склад редакційної колегії, що є діючим на даний час, наведено у цьому випуску збірника. Відповідальними секретарями збірника у різні роки були співробітники Луцького НТУ Л.О. Гуменюк, Т.С. Божко, Н.М. Гулієва, І.В. Савюк, які проявили високий професіоналізм і сприяли високому рівню видання. Вагомий внесок у становлення збірника внесли рецензенти як окремих статей, так і збірників в цілому.

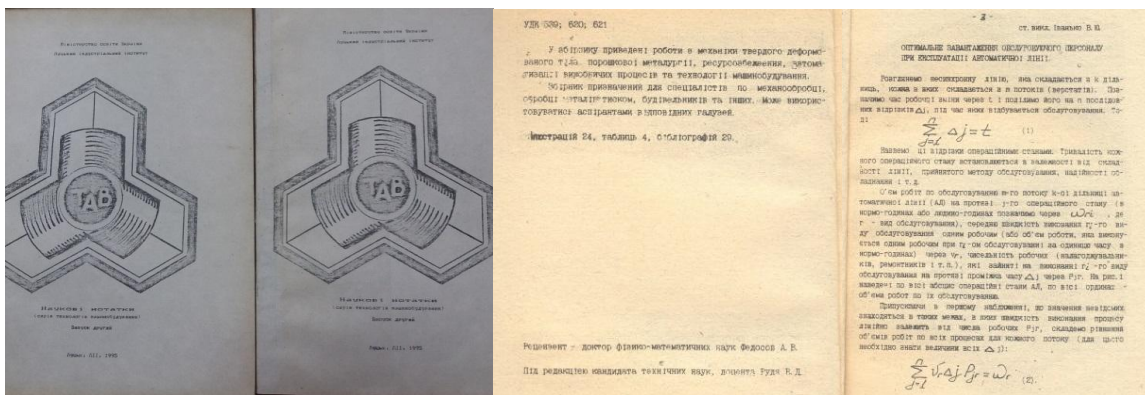


Рис. 1. Видання збірника 1993 – 1995 років.

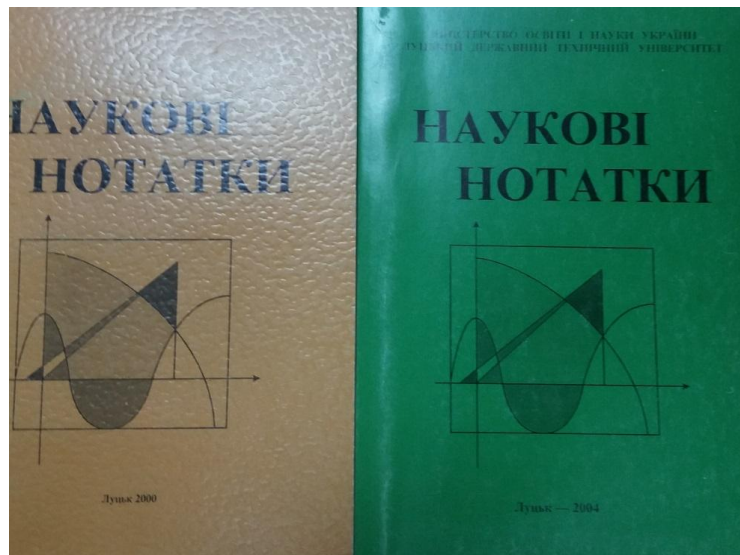


Рис. 2. Зовнішній вигляд збірника 1996 – 2006 років.

У зв'язку з вимогами наказу МОН України за № 32 від 15.01.2018 року щодо «Порядку формування Переліку наукових фахових видань України» з наступного випуску кожному опублікованому матеріалу буде присвоюватися міжнародний цифровий ідентифікатор DOI (Digital Object Identifier). Щодо складу редакційної колегії збірника, то всі члени наявної редакційної колегії задовольняють вимогам наказу № 32.

ШАНОВНІ ДОПISУВАЧІ, КОЛЕГИ!

Згідно наказу МОН України № 528 від 12.02.2015 р. затверджено Міжвузівський збірник наукових праць «НАУКОВІ НОТАТКИ», що видається Луцьким національним технічним університетом як наукове фахове видання України.

В збірнику публікуються результати теоретичних та експериментальних досліджень, які раніше не висвітлювались в друці. Враховуючи, що збірник є фаховим виданням, в ньому корисно друкувати результати дисертаційних досліджень на здобуття наукового ступеня кандидата та доктора технічних наук за галузями знань "Технічні науки"

Статті друкуються українською, англійською або російською мовами.

Довідки за тел. (0332) 26-25-19 e-mail: [**notatki@ukr.net**](mailto:notatki@ukr.net)

Наша адреса:

43018, м. Луцьк, вул. Потебні, 56

Луцький національний технічний університет,
редакція міжвузівського збірника "Наукові нотатки"

Веб-сайт збірника: [**http: //notatki.com.ua**](http://notatki.com.ua)

З повагою,

*Відповідальний редактор,
професор Луцького НТУ*

В.Д. Рудь

ЗМІСТ

Зміст	6
Аль-Мнишдаві Хуссейн Абдулаєв, Аяду Хаяві Алатабі Особливості впливу колірної схеми на споживача в рекламному веб-дизайні.....	8
Березін Л.М. До розрахунків гвинтових циліндричних пружин на міцність та стійкість.....	13
Валенда Н.А. Метод автоматичної обробки паралельних корпусів.....	19
Гапонова О.П. Аналіз якості комплексних сульфоцементованих покриттів, отриманих методом електроіскрового легування.....	24
Гевко Р.Б., Никеруй Ю.С. Експериментальна установка та методика проведення досліджень канатного механізму для завантаження малих складських приміщень яблуками у тарі.....	29
Гудь В.З., Пік А.І., Левкович М.Г., Гупка В.В. Результати експериментальних досліджень величини крутного моменту при перевантаженні телескопічним гвинтовим транспортером сільськогосподарських вантажів.....	34
Дейнека О.Ю. Міжфазний розріз на межі зварювання ізотропної пластинки з криволінійним отвором і замкненого пружного ребра.....	41
Зозуля П.Ф., Поліщук О.С., Неймак В.С., Поліщук А.О. Застосування технології 3D-друку у взуттєвій промисловості.....	48
Іванченко О.В., Бойков І.В., Іванченко А.О. Вплив характеристик системи «автомобіль-дорога» на ефективність виконання завдань автомобільним транспортом.....	53
Калінін Ю.А., Бриков М.М., Петришинець І., Осінов М.Ю., Андрущенко М.І., Єфременко В.Г. Оцінювання якості з'єднань високовуглецевої низьколегованої сталі після зварювання з прискореним охолодженням.....	58
Кошель С.О., Кошель Г.В. Структурний аналіз складних механізмів третього та четвертого класів.....	64
Кузнєцов Ю.М. Етапи еволюції творчого мислення з елементами штучного інтелекту на прикладі синтезу цангових патронів.....	70
Мазанов В.Г., Самсоненко А.І., Лукашенко С.С. Проблеми побудови адекватних моделей робочих гальмівних систем автомобілів з АБС.....	82
Мащенко В.А., Квасніков В.П., Кривцов В.В. Комп'ютерна система ідентифікації полімерних матеріалів на основі спектрів СІЧ-діапазону.....	90
Назаров О.І., Назаров І.О., Шпинда Є.М., Мисюра М.І., Коханенко В.Б. Вплив зміни коефіцієнта розподілу гальмівних сил у процесі експлуатації на ефективність гальмування двовісних автомобілів.....	95
Назарчук Л.В., Ткачук О.Л., Метельська Л.М. Застосування мережива для декорування сучасного жіночого одягу.....	102
Підмурняк О.О., Ганзюк А.Я., Стремецький О.І. Структура, мінеральний та хімічний склад сечового каменя.....	107
Поляченко А.І. Ручна обробка медичних зображень лікарем-діагностом у системі розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій.....	117
Ратушний О.В., Семенова Н.В. Методика дослідження напруженого стану золотника гідророзподільника.....	121
Склярів М.В., Лукашенко С.С., Корнєв О.В. Пропозиції з удосконалення автотехнічних експертиз дорожньо-транспортних пригод.....	128
Трушляков Є.І., Булавка С.С. Осушка повітря в передстартових системах термостатування до необхідної точки роси.....	135
Худяков І.В. Моделі бази даних інформаційної системи моніторингу параметрів технічного стану транспортних засобів.....	141
Чижик В.М., Любий Є.В., Дрига Ю.Ю. Методика оцінки соціального ефекту від організації роботи міського пасажирського транспорту за відомим для пасажирів розкладом руху.....	149
Чувашов Ю.М., Дідук І.І., Яценко О.М., Гулік В.І., Кошеленко Н.І. Отримання базальтових модифікованих В ₂ О ₃ волокон для радіаційного захисту.....	156
Шерман М.І., Самчинська Я.Б., Кужельок Н.І. Проектування веб-ресурсу з вивчення платформи Arduino для інженерів-програмістів з рівнем вищої освіти «магістр».....	168

CONTENT

<i>Contents</i>	6
<i>Almnshdawy Hussain Abdulalee, Ayad Hayawi Alataby</i> Features of the effect of colour scheme on the consumer in advertising web design.....	8
<i>Berezin L.</i> To the calculations of cylindrical spiral springs on strength and resilience.....	13
<i>Valenda N.</i> Automatic method for processing parallel corpus.....	19
<i>Gaponova O.</i> Analysis of quality complex sulfocemented coatings obtained by electrospark alloying.....	24
<i>Hevko R., Nykerui Y.</i> Experimental installation and method of carrying out the investigation of rope mechanism for loading small storage premises by packed apples.....	29
<i>Hud V., Pik A., Levkovych M., Gypka V.</i> Results of experimental research of the torque size when the telescopic screw truck is tracked.....	34
<i>Dejneka O.</i> Interphase incision on the limit welding of isothotropic plate with curvilinear hole and closed elastic rib.....	41
<i>Zozulia P.F., Polishchuk O.S., Neimak V.S., Polishchuk A.O.</i> Application of 3D-printing technology in the footwear industry.....	48
<i>Ivanchenko O.V., Boikov I.V., Ivanchenko A.O.</i> Influence of the characteristics of the system "car-road" on the efficiency of the implementation of tasks by road transport.....	53
<i>Kalinin Yu., Brykov M., Petryshynets I., Osipov M., Andrushchenko M., Efremenko V.</i> Estimation of joints quality for high-carbon low-alloyed steel after welding with rapid cooling.....	58
<i>Koshel S., Koshel A.</i> Structural analysis of the complex mechanisms of the third and fourth classes..	64
<i>Kuznetsov Yu.N.</i> The stages of evolution of creative thought with elements of artificial intelligence on example of synthesis of collets.....	70
<i>Mazanov V.G., Samsonenko A.I., Lukashenko S.S.</i> Problems of building adequate models of braking systems of cars with ABS.....	82
<i>Mashchenko V., Kvasnikov V., Krivtsov V.</i> Computer system of identification of polymer materials based on spectra MIR-region.....	90
<i>Nazarov A., Nazarov I., Spinda E., Misura N., Kochanenko V.</i> Influence of change of braking forces distribution coefficient during operation on the two-shaft car braking efficiency.....	95
<i>Nazarchuk L., Tkachuk O., Metelska L.</i> Application of the lace for decoration of modern women clothing.....	102
<i>Pidmurniak O., Hanzhuk A., Stremetskyi O.</i> Structure, mineral and chemical composition of urinarystones.....	107
<i>Poliachenko A.I.</i> Manual processing of medical images by a diagnostician in a tomographic and x-ray recognition system for the search and localization of pathologies.....	117
<i>Ratushnyi A., Semenova N.</i> Method of studying the stress state of the piston valve.....	121
<i>Sklyarov N.V., Lukashenko S.S., Kornev A.V.</i> Proposals for improvement of autoengineering examination of road accessories.....	128
<i>Trushliakov Y.I., Bùlavka S.S.</i> Air drying in pre-start thermostating systems to the required dew point.....	135
<i>Khudiakov I.</i> Monitoring information system data base models vehicle technical parameters.....	141
<i>Chyzhyk V., Liubiy Y., Dryha Y.</i> The evaluation method of social effect of urban transport service according to the available time-table of passenger traffic technologies.....	149
<i>Chuvashov Yu.N., Diduk I.I., Yashchenko O.M., Gulik V.I., Koshelenko N.I.</i> Obtaining basalt modified B ₂ O ₃ fibers for radiation protection.....	156
<i>Sherman M., Samchynska Y., Kuzheliuk N.</i> Designing a web resource for studying the Arduino platform for engineers-programmers with a higher education level "master".....	168

Almnshdawy Hussain Abdulalee, Ayad Hayawi Alataby
College of media University of Thi-Qar (Nasiriyah, DhiQar, Iraq)
**FEATURES OF THE EFFECT OF COLOUR SCHEME ON THE CONSUMER IN
 ADVERTISING WEB DESIGN**

The objective of the work is to determine the features of the effect of colour scheme on the consumer based on the technical capabilities of web design. Research methodology. This study was conducted at the intersection of different concepts and methods, i.e. it is essentially an interdisciplinary study. The theoretical and methodological basis of the research were fundamental works in the field of colour culture, colour advertising communication, materials on web design, technical literature in the field of colour reproduction in the digital field. The scientific novelty of this study is to identify the principles of the use of colour in advertising web design, the relationship of technical capabilities with the tasks of advertising and the aesthetics of cultural traditions.

Keywords: colour scheme, web design, colour advertising communication, colour theory, colour psychology, colour balance.

Аль-Мншдави Хуссейн Абдулалі, Аяд Хаяві Алатабі
Кафедра средств массовой информации Университета Дикар (Насирия, Ди Кар, Ирак)
**ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЦВЕТОВОЙ СХЕМЫ НА ПОТРЕБИТЕЛЯ В
 РЕКЛАМНОМ ВЕБ-ДИЗАЙНЕ**

Цель работы – определить особенности воздействия цветовой схемы на потребителя исходя из технических возможностей веб-дизайна. Методология исследования. Данное исследование проводилось на стыке различных концепций и методов, т.е. по своей сути является междисциплинарным исследованием. В работе в качестве теоретико-методологической основы были использованы фундаментальные труды в области культуры цвета, цветовой рекламной коммуникации, материалы по веб-дизайну, техническая литература из области возможностей цветовоспроизведения в цифровом поле. Научная новизна данного исследования состоит в выявлении принципов использования цвета в рекламном веб-дизайне, соотношения технических возможностей с задачами рекламы и эстетикой культурных традиций.

Ключевые слова: цветовая схема, веб-дизайн, цветная рекламная коммуникация, теория цвета, психология цвета, цветовой баланс.

Аль-Мншдаві Хуссейн Абдулаєв, Аяду Хаяві Алатабі
кафедра засобів масової інформації Университету Дікар (Насірія, Ді Кар, Ірак)
**ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ КОЛІРНОЇ СХЕМИ НА СПОЖИВАЧА В РЕКЛАМНОМУ ВЕБ-
 ДИЗАЙНІ**

Мета роботи - визначити особливості впливу колірної схеми на споживача виходячи з технічних можливостей веб-дизайну. Методологія дослідження. Дане дослідження проводилося на стику різних концепцій і методів, тобто за своєю суттю є міждисциплінарним дослідженням. У роботі в якості теоретико-методологічної основи були використані фундаментальні праці в галузі культури кольору, колірної рекламної комунікації, матеріали по веб-дизайну, технічна література з області можливостей відтворення кольору в цифровому полі. Наукова новизна даного дослідження полягає у виявленні принципів використання кольору в рекламному веб-дизайні, співвідношення технічних можливостей з завданнями реклами і естетикою культурних традицій.

Ключові слова: колірна схема, веб-дизайн, колірна рекламна комунікація, теорія кольору, психологія кольору, колірний баланс.

Problem statement. Colour in modern advertising communication is of particular importance. It is a complex natural and cultural phenomenon with an aesthetic and communicative function. The reaction to colour arises on the basis of an inner feeling that is largely mediated by cultural traditions.

Colour acts as a visual communication and is a means of transmitting verbal messages and a sign system with a certain set of meanings. As a carrier of information, colour has a large number of both objective and subjective values that have emerged in the course of cultural development. Colour can be seen as a symbolic marker of cultural traditions and customs. Thus, in any visual advertising communication it becomes an indispensable element of creating an attractive image of the product, idea. In most cases, the colour solution of advertising messages is created on the basis of intuitive emotional feelings of the developer, in which he uses his own experience, cultural and genetic memory. Orientation to the preferences of the potential audience can also be used. However, despite widespread demand, the issues of advertising colour communication are still poorly studied. This is especially true of web design, where there are certain technical problems of working with colour.

The objective of the study is to determine the characteristics of the effect of color scheme on the consumer based on the technical capabilities of web design.

Outline of the main material. In marketing, choosing a colour is a strategic task. Colour harmonization of advertising allows increasing effect on the consumer through minimization of intellectual labour on perception of the presented information. It also makes the emotional component of colour design the most effective. Increasing the importance of colour in advertising communication is due to the following factors:

- a situation of crisis of overconsumption, when it becomes necessary to develop technologies of soft effect on the consumer;
- information oversaturation of the market, which automatically leads to the priority of conceptual solutions;
- increasing design knowledge and increasing the competence of the modern consumer, which sets the requirements for manufacturers regarding a variety of colours of goods.

The volumes of advertising information increase in the context of constant competition, which creates difficulties in their perception and causes irritation for consumers. This becomes an incentive for severe filtering of information, ignoring unnecessary one. The so-called "clip consciousness" has become widespread, which represents the perception of the world through the most articulated signals. Therefore, brevity, informative saturation and colourfulness became the basic principles of any advertising messages. This has led to the use of different ways of influencing the subconsciousness and emotions as opposed to the rationality used originally. Colour is just one of the deep sociocultural constants that can quickly build an associative series bypassing the critical logic of reason¹.

It is widely known that colour has a certain effect on humans. Assessment of colour shapes the consumer's impression of the advertising product. The psychological effects that arise in the process of perceiving the colour scheme of an advertising object provoke consumer's further actions, whether or not beneficial to the advertiser. Therefore, this issue has been the subject of numerous research.

A visual nature of the colour is determined by the set of components. Colour, according to Mansell's system [Munsell, 1912], consists of colour tone, brightness (lightness), chroma (saturation).

A colour tone or hue gives a general name of the colour. Often this particular component of colour is given maximum attention. But research has shown that brightness and colour saturation are also actively involved in emotional effects on humans [Suk & Irtel, 2009].

Brightness or lightness indicates how dark or light the colour is. Dark tones are low-brightness colours. Light colours are high-brightness colours.

Chroma or saturation shows how bright the colour is. The colours with low saturation look faded. High-saturation colours look bright.

Brightness and saturation often play a significant role in marketing. In addition, when working with brands, the colour is already specified (corporate colour or colour palette), so you can work only with the two remaining parameters - lightness and saturation [Labrecque, 2010, p. 81].

Colour psychology, the impact of colour on the target audience is one of the most specific aspects of web marketing. This is due to certain stereotypes about the colour preferences of certain categories of consumers. And any development in this field should be based on reasoned results of scientific research on colour as a factor of persuasion.

Researchers at Teesside Polytechnic University (UK) say that quite often the effect of the effect of a particular colour on an individual is offset by such elements of perception as personal preferences, experience, education, cultural differences, context, etc. [Color psychology: a critical review report]. Therefore, it cannot be categorically stated that a particular colour will cause certain emotions.

Researchers attach more importance to the colour matching a particular product. The basis here is the associations that arise in the perception of the product. The brand must be personalized with a feature that will be presented to the consumer. This feature is then matched with a set of emotions corresponding to certain colours. That is, a colour should be used in a specific context.

Therefore, when choosing a colour, the marketing context, images, emotions that arise when mentioning a brand should be taken into account.

Let's consider the concept of "colour scheme" and different types of colour schemes used in web design. A colour scheme is a certain combination of colours that meets the set requirements.

¹Several independent studies (The Effects of Store Environment on Shopping Behaviours: A Critical Review by Shun Yin Lam, The Benefits of Using Color by the Color Marketing Group, Color Psychology in Marketing" by June Campbell) point to colour as the primary reason for which people buy a certain product

1. Monochrome scheme - uses different shades of the same tone. Such a scheme can be used to create simple messages, to reflect the refinement of a brand. This scheme is also quite applicable to design a single plan.

2. Analogue scheme - involves the use of close tones located next to each other on the colour circle. Such a scheme contributes to the perception of design as an integrated development due to its tonal similarity.

3. Triad scheme is based on the use of three colours located at the vertices of an equilateral triangle inscribed in a colour circle. This scheme is most often used as it is recognized as the most universal and understandable. One of the colours is used for the background, the other two - for the content and highlighted areas.

4. Complementary scheme is built on contrast. This scheme uses colours that oppose each other in the colour circle. It is used to increase the contrast between the background and the foreground as needed. Additional colours are used to draw attention to a particular element. The desired object automatically stands out in contrast to the surrounding content.

In order to choose the components of a colour scheme for colour advertising communication, one must understand the preferences of the potential audience. Researchers explain certain colour preferences of people with the help of three basic theories:

- features of biology and evolution;
- gender schemes theory;
- ecological valence theory.

According to the biological features of the human body, colour preferences could be formed under the influence of various evolutionary processes. Initial colour associations could have been formed in humans during the early stages of their development. They are simple enough: dark blue is associated with night, passivity, and bright yellow - with sun, activity.

Colours that women like are associated with the need for collecting, finding fruit. That is, the ability to distinguish the wavelength of red colour was of the greatest importance in women. This adaptive feature has led to the formation of modern visual preferences [Alexander, 2003, p. 11].

Gender schemes theory explains the difference in preferences among men and women. In the process of the child's awareness of his/her gender, he/she is an active search for information related to his/her gender. He/she receives a certain colour association with sex from society, which has been confirmed by research [LoBue & Deloache, 2011].

Palmer and Schloss have proposed an ecological valence theory for explaining colour biases, according to which colour perception develops with the acquisition of certain experiences associated with it. The more positive this experience, the more the colour will appeal to the recipient. The theory of conditioned reflex is also a confirmation of this idea.

Ecological valence theory also explains the emotional fullness of flowers: what colour acts as excitant, which one smoothes down, etc. [Karen B. Schloss, Stephen E. Palmer. An Ecological Valence Theory of Human Color Preferences. - 2010. - <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.412.7403&rep=rep1&type=pdf>].

All colours in a person's life receive certain meanings. We are already talking about the semantics of colour. It is the semantics that is used in advertising messages to convey certain meanings. According to the ecological valence theory, the human brain contains a network of knowledge that is associated with each other associatively - emotion, sensory experience, semantic meaning. The network of associations is constantly growing. There are hubs in it for each colour, which can also change with the acquisition of a new experience.

Colour psychology is based on individual experience and culture. The context in which the colour is represented is also important. No colour has a meaning that could fully describe it.

Colour influences our perception and behaviour by being able to elicit two reactions: excitation and estimation [Crowley, 1993]. Excitation is the initial, biological reaction, for example, warm colours increase the level of adrenaline, pressure. This is followed by an estimation of whether you like the colour. The estimation reaction is conditioned by an associative network. Everything that is coloured by emotions is better captured in memory. Positive emotions act as effective provocative.

There are three main factors involved in colour estimation: relevance, aesthetics, value. In an advertising message, it is important to consider the appropriateness of a particular colour in the colour scheme, focusing on the subject matter of the webpage and the message itself, it is important here to deal primarily the semantics, not simply the analysis of the colour preferences of the target audience.

The aesthetic appeal of the colour scheme also influences the choice, drawing attention to the web page. Value includes two components - social (relevance, "fashion ability") and functional (practical convenience).

In web design, colour balance is important. There is the most commonly used formula of the right colour balance "60/30/10". It is based on the theory of attracting visual attention. First of all, the visitor of the page draws attention to the element which occupies the smallest space, but at the same time contrasts with the main background. According to this formula, the main colour of the page should occupy 60% of the total area, the additional colour - 30%. The remaining 10% is used for colour accent. The main colour is the least saturated, it works as a background. The accent colour, on the contrary, is selected to be contrasting, rich. It highlights the most relevant information.

In addition to the rules of using colour and colour matching schemes discussed above, which are applicable to various colour-related activities, web design should take into account the colour model used.

The RGB model is based on three main colours - red, blue and green. The colours are mixed to produce different shades.

In HTML, shades are encoded using the 00 to FF characters, preceded by # character.

The CMYK model is based on four main colours - blue, purple, yellow, black. The shades here are also obtained by combining the basic colours. This model is most commonly used in printing and graphic art. In web design, the result of using this model has shown its effectiveness. The combination of colours looks bright and unusual, so it attracts attention.

Target page conversion is directly related to colour theory. When designing a colour scheme, it can be used as follows:

- Building a combination of colours based on their contrast, which facilitates readability of the page;

- Choice of psychologically justified colour associations.

These approaches allow conveying certain information to the user through colour combinations, creating an effective colour scheme that will work.

In this case, an efficient colour scheme based on the provisions of colour theory will allow:

- Keeping users' attention on the page;
- Forming an effective call to action;
- Reducing the number of rejections;
- Increasing page conversion.

In the practice of web design there is a certain set of commonly used colours that have the simplest and most stable associations. It includes blue, yellow, red, green, orange, pink, purple, black.

The choice of colours should be based on an analysis of the target audience and the nature of the information to be conveyed. The physical and mental impact of colour is largely due to the personal characteristics of the person perceiving it. German psychologist M. Lusher studied the individual features of the perception of colour compositions. Studies have shown that a person's condition at the time of colour perception can have a significant effect on his/her attitude towards it. In addition, the famous Lusher Colour Test is based on the sensory perception of colours - a psychological reaction that is not influenced by cultural traditions, it is universal throughout the world. This test can be used to determine the most optimal colours in each case, to identify the reaction of potential audience to them. But objective information can be obtained only by using its original - a printed format with accurately rendered shades. For this very reason, there is a real problem with colour rendering in web design. It is technical in nature. No matter how the colour is set on the page, we will see its variations on different monitors. This is due to the individual settings of the user interface. And this process is uncontrollable, we cannot influence it. Colour distortion can be quite strong. Then the colour scheme will not have the effect that was provided for during its development.

The colours on the monitor and in nature are created in different ways. Colour models have been created for the uniqueness of colour reproduction in different computer environments. The colour model represents the colour in digital format, which enables objective description. The number of possible shades is determined by colour depth - the number of bits encoding the pixel colour. Modern computers use the RGB colour model to reproduce colour on the monitor, which is additive. The colour is obtained by adding three components: Red, Green, Blue. The result depends on the amount of each component present in the image. Each colour on the monitor is described by a set of numbers. The optimum result is achieved with the help of colour correction, which involves adjusting the parameters of the image: brightness, contrast, colour tone, saturation.

Another computer colour model is HSB. It is easier to use because it is based on the principle of colour perception by the human eye. In this model, colours are set by three parameters: Hue, Saturation and Brightness. [Yatsyuk, p. 77-82], [Yatsyuk, p. 170-172].

Web design involves viewing an object on a monitor screen. This causes a number of problems that arise when choosing a colour scheme. The most important are the following:

- Choice of colour for writing text - is solved by the use of colour contrast between letters and background;
- Use of shades of the same colour tone in web design is problematic because it impedes perception;
- Saturation - text, graphics and background should be different in saturation; saturation close to achromatic gray should not be used;
- Brightness (lightness) - a maximum contrast of text and graphics with the background of appropriate brightness is used for maximum expressiveness;
- Choice of background - complex textures should not be used for the background; preference should be given to continuous flood filling or textures with subdued brightness and saturation.

The image quality on the screen depends on the technical parameters of the computer and the software used. The most part of screens deliver 256 colours, enabling designers to create up to 16.7 million colours. If the colour used is not in the set of colours displayed on the screen, it will be distorted. Then its use becomes inappropriate. For example, metallic colours cannot be used in web design because they cannot be reproduced on a screen. Also note that Microsoft Internet Explorer and Netscape Communicator browsers use only 216 colours. Therefore, images created using 256 colours will be distorted because of browser settings.

This problem becomes most urgent when filling in one colour, since the distortion becomes apparent. To avoid this, you must use colours from the main palette.

Conclusions. Attitude to colour has a significant historical and cultural basis, which includes the symbolism of colour, colour culture, psychophysiological features of perception and reaction to colour. Thus, it is possible to make effect on the consumer with the help of a specially selected colour scheme, arousing certain feelings and initiating the necessary actions. Colour adjusts the perception of advertising information, so it requires a careful approach.

Colour design serves as a tool to focus the user's attention on the important information for the user and the owner of the website. In advertising web design, the choice of colour scheme, its components cannot depend on the designer's tastes, because colour is one of the means of attracting attention, and at the same time, can become a serious designer, which can significantly impede perception. Therefore, it is important to find the optimal solution here.

It is possible to distinguish the basic rules of the use of colours in web design in general, and for advertising purposes in particular. One of the problems with web design is the exact reproduction of colour, as each device displays colour in its own way. Accuracy mostly depends on the technical parameters of the device.

In general, taking into account all the components of the process of colour scheme development in web design, you can get the necessary result of impact on the main mass of the target audience.

References:

- Colour Technologies of Advertising Communication // Marketing in Russia and Abroad, 2009, No. 3.
 Nikolayshvili, G.G. (2008), Social Advertising: Theory and Practice: Textbook, Aspect Press, Moscow, 182 p.
 Bazyma, B.A. (2005), Psychology of Colour: Theory and Practice, Rech, Moscow, 112 p.
 Lusher, M. (1996), Magic of Colour. Lusher Tests, Sphere, 432 p.
 Pisarenko, T.A., Stavinsky, N.N. (2005), Basics of Design, Vladivostok, 112 p.
 Ryneyskaya, A.A. (2016), Searching for the Colour Standard of Graphic Design for the Tourist Industry // Symbol of Science: Culture. Cultural Studies, Pp. 208-210.
 Strashko, I.O. (2014), Website Colour Gamut // Current Problems of Aviation and Astronautics, Pp. 256-257.
 Walter, A. (2012), Emotional Web Design. - Mann, Ivanov and Ferber, 144 p.
 Yanshin, P.V. (2000), Emotional Colour, Samara, 265 p.
 Yatsyuk, O.G. (2004), Basics of Graphic Design based on Computer Technologies, BHV-Petersburg, St. Petersburg, 240 p.
 Kolenda, N. (2016), The Psychology of Colour. College Entertainment LLC, 66 p.

Стаття надійшла до редакції 23.08.2019

УДК: 621.923 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.2

Л.М. Березін

Київський національний університет технологій та дизайну

ДО РОЗРАХУНКІВ ГВИНТОВИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПРУЖИН НА МІЦНІСТЬ ТА СТІЙКІСТЬ

Наведено систематизацію та узагальнення традиційних методів розрахунку гвинтових циліндричних пружин на міцність та повздожню стійкість для загального випадку умов навантаження та закріплення пружин. Рекомендовано формули для визначення початкової швидкості навантаження пружини з гарантованою відсутністю ударів витків та формули для обчислення еквівалентних напружень при наявності ударів.

Робота супроводжується значним об'ємом нормативного та довідкового матеріалу стосовно об'єкту досліджень.

Ключові слова: гвинтова циліндрична пружина, проектування, розрахунок, міцність, стійкість.

Л. Н. Березин

К РАСЧЕТАМ ВИНТОВИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРУЖИН НА ПРОЧНОСТЬ И СТОЙКОСТЬ

Приведены систематизация и обобщение традиционных методов расчета винтовых цилиндрических пружин на прочность и продольную устойчивость для общего случая нагружения и закрепления пружин. Рекомендованы формулы для определения начальной скорости нагружения пружины с гарантированным отсутствием ударов витков и формулы для определения эквивалентных напряжений при наличии ударов.

Работа сопровождается достаточным объемом нормативного и справочного материала применительно к объекту исследований.

Ключевые слова: винтовая цилиндрическая пружина, проектирование, расчет, прочность, устойчивость.

L. Berezin

TO THE CALCULATIONS OF CYLINDRICAL SPIRAL SPRINGS ON STRENGTH AND RESILIENCE

The systematization and generalization of traditional methods for calculating cylindrical spiral springs for strength and longitudinal resilience for the general case of loading and securing springs are given. Formulas are recommended for determining the initial spring loading speed with a guaranteed absence of coil impacts and formulas for determining equivalent stresses at the availability of impacts. Information provided promotes an integrated approach to design decisions in relation to spring mechanisms and necessary for mathematical support in calculations of springs for reliability according to the criterion of fatigue strength and longitudinal resilience.

The work is accompanied by a sufficient amount of normative and reference material in relation to the object of research.

Keywords: helical coil spring, design, calculation, strength, resilience.

Постановка проблеми. Гвинтові циліндричні пружини стискання (далі – пружини) відносять до найбільш вживаних пружних елементів в машинобудуванні. Пружини широко застосовують для сприйняття енергії динамічних навантажень та ударів, віброізоляції в машинах, виконання функцій двигуна за рахунок попереднього акумулювання енергії, силового замикання, виміру сил за пружним переміщенням пружини тощо. Працездатність багатьох машин обмежується ресурсом пружин, який зумовлений передусім їх міцністю та стійкістю, а їх втрата може спричинити руйнування або функціональну відмову всієї механічної системи. Таким чином, окрім визначення геометричних параметрів пружин доцільним при проектуванні є перевірка пружин на міцність та стійкість.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розрахунки пружин на міцність в достатній кількості використовують в пакетах ANSYS10.0, MATHCAD, SolidWorks, Pro-E, CATIA, Autodesk Inventor, в середовищі системи Компас-3D V6 (додаток Компас-spring) та інших. В розрахунках пружин застосовують традиційну перевірку на міцність за нормованим коефіцієнтом запасу міцності або за допустимим напруженням [1], де передусім покладаються на досвід проектувальника. Моделювання пружини методом кінцевих елементів та багато вісний аналіз міцності представлений в [2]. Питання вибору сучасних матеріалів за вимогою забезпечення заданої міцності пружини, таких як Е-скло, епоксидна смола, вуглець представлені в [3, 4.]. Проте слід зазначити обмежені та розрізнені літературні джерела [5, 6] стосовно розрахунків пружин на міцність при наявності ударів між витками, які виникають при значних динамічних навантаженнях пружин та ударах, що призводить до залишкових деформацій та зниженню несучої здатності

пружин. Перевірки на стійкість пружин в переважній більшості не виконують, іноді користуються нормативними документами.

Постановка завдань. Метою роботи є систематизацію та узагальнення напрацювань щодо розрахунків гвинтових циліндричних пружин за критерієм міцності та поздовжньої стійкості з подальшою розробкою алгоритму розрахунків для загального випадку умов навантаження та закріплення пружин.

У відповідності до мети задачами дослідження були: аналіз літературних джерел та нормативно-технічних документів стосовно розрахунків пружин на міцність та стійкість; запропонувати формули та послідовність для обчислення напружень в небезпечних точках перерізу витків пружин в найбільш поширених випадках їх навантаження, включно за умовою інерційної взаємодії витків; оцінити прийнятність існуючих розрахунків на стійкість пружин.

Викладення основного матеріалу. Пружини стискання в залежності від циклічної втоми поділяють на класи: пружини класу I мають втому не менше $5 \cdot 10^6$ циклів, класу II – 10^5 , класу III – не менше $2 \cdot 10^3$ циклів. Для пружин класу III допускаються інерційні удари між витками, від яких додатково виникають небажані контактні напруження. У відповідності до нормативних документів при виборі класу пружини стискання виконують перевірку на відсутність ударів між витками від сил інерції за умовою:

$$V_o / V_{kp} \leq 1, \quad (1)$$

де V_o , V_{kp} - початкова швидкість удару вантажу по пружині та критична швидкість пружини.

Критичною швидкістю V_{kp} називається гранично допустиме значення швидкості переміщення пружини, при якій відсутні динамічні навантаження від ударів між витками пружини, забезпечуються умови міцності та недопущення як локальної, так і загальної втрати стійкості пружиною. Визначається за формулою:

$$V_{kp} = \frac{\tau_3 (1 - F_2 / F_3)}{\sqrt{2G\rho} \cdot 10^{-3}}, \quad (2)$$

де τ_3 - статичне максимальне дотичне напруження пружини;

F_2 , F_3 - сили пружини при робочій та максимальній деформаціях

G - модуль зсуву матеріалу;

ρ - щільність матеріалу.

Сила пружини при максимальній деформації до дотику витків F_3 зв'язана з силою пружини при робочій деформації залежністю $F_3 \geq 1,25F_2$. Для відповідальних пружин доцільно приймати $F_3 \geq 1,3F_2$. При розрахунку пружин доцільно використовувати ДСТУ 1452-2007, де наводяться значення сили F_3 та жорсткість одного витка c_1 в залежності від величин D і d . При цьому кожному значенню d відповідає певне прийняте значення напруження τ_3 .

Підставляючи для марок пружинних сталей відповідні значення $G = 7,69 \cdot 10^4$ МПа та $\rho = 7,85 \cdot 10^3$ кг/м³ маємо спрощений вид:

$$V_{kp} = \tau_3 [1 - (F_2 / F_3)] / (3,58 \cdot 10^7) \quad (3)$$

або, враховуючи статичне дотичне напруження при робочій деформації $\tau_2 = \tau_3 F_2 / F_3$,

$$V_{kp} = \frac{\tau_3 - \tau_2}{35,1}. \quad (4)$$

Для пружин класу I розрахункове напруження та властивості матеріалу дроту пружин регламентуються таким чином, щоб при $V_o \leq V_{kp}$ та при дії сили попередньої деформації пружини F_1 не менше $0,2 F_3$ задана втома пружини забезпечувалася при всіх можливих значеннях напружень за умови $\tau_3 - \tau_2$ і $\tau_2 - \tau_1$, що відповідає дотичним напруженням при попередній деформації. Пружини класу II при аналогічних умовах можуть бути як в умовах необмеженої, так і обмеженої втоми. Спільним для пружин класів I та II є відсутність інерційного удару між витками.

Однаке нерівність (1) не дає однозначну інформацію про наявність ударів між витками: якщо швидкість навантаження перевищує V_{kp} , то це не означає, що мають місце удари витків, в іншому випадку відсутність ударів гарантовано.

В [7] на основі енергетичної теорії пропонується визначення допустимої швидкості ударів витків для різних деформацій в зоні контакту за умовою міцності $\sigma_{max} \leq [\sigma]$:

- при пружних деформаціях

$$V_{kp} \leq 34,5d \left(\frac{[\sigma]}{E} \right)^2 \sqrt{\frac{D(n-1)}{m_{np}}}; \quad (5)$$

- при пластичних деформаціях

$$V_{kp} \leq \frac{4,34d}{p} \sqrt{\frac{(n-1)D[\sigma]}{p \cdot m_{np}}}, \quad (6)$$

де D, d - середній діаметр пружини та діаметр дроту витка;

$m_{np} = m_1 + 0,33m_2$ - приведена маса вантажу m_1 та пружини m_2 (прибавка 1/3 маси пружини до маси вантажу впливає з точного рішення динамічної задачі про кінематичне збурення пружної системи з однією степеню свободи та рівномірно розподіленої маси [8]);

$[\sigma]$ - допустиме напруження в зоні контакту;

E - модуль пружності I роду матеріалу;

n - число робочих витків пружини;

$p = d/b$, де b - допустима ширина площадки контакту (пластичного відтиску) витків пружини (знаходиться в межах $p = 10 \dots 100$).

Недоліком даного підходу є нехтування енергії, яка поглинається пружиною від вільного її стану з урахуванням початкового підтискання витків до дотику витків. Цей недолік усувається при сумісному використанні хвильової теорії удару стосовно пружини та теорії інерційних ударів витків. Тоді для визначення критичної швидкості пружини маємо [6]:

- за умовою повздовжньої стійкості пружин при умові взаємодії витків

$$V_{kp1} = \frac{f\tau_2 + m_{ep}Gtg\alpha / i - \tau_2}{35,1}; \quad (7)$$

- за умовою міцності пружини

$$V_{kp2} = \frac{f\tau_2 + [\tau] - \tau_2}{35,1}, \quad (8)$$

де m_{ep} - гранична ступінь стискання пружини, яка визначається з рівняння повздовжньої стійкості або за табл. 2 [6] (знаходиться в межах $1 < m_{ep} < 1,6$);

α - кут підйому витків пружини у вільному стані (зміна кута підйому витків підпадає умові $\alpha \leq 9^\circ$, проте збільшення α до $12^\circ \dots 15^\circ$ при наявності ударів витків дозволяє розмивати фронт хвилі деформації, що компенсує нерівномірність напруженого стану по довжині пружини. Подальше збільшення α призводить до значного осадку пружини);

$i = \frac{D}{d}$ - індекс пружини;

$f = \left(\eta \left(\frac{m_1}{m_2} + 0,33 \right) \right)^{-0,5}$ - коефіцієнт, який враховується, коли кінетична енергія вантажу

гаситься пружиною; при кінематичному навантаженні та за наявності обмежувача руху вантажу – приймати $f = 1$);

$\eta = 0,9 \dots 0,95$ – ККД, який враховує втрату енергії при русі вантажу за напрямними;

$[\tau]$ - допустиме дотичне напруження матеріалу пружини (інформація до розрахунку наведена [9]).

У відповідності до цієї теорії максимальні динамічні дотичні напруження, що виникають в небезпечній точці витку (на внутрішній стороні витка), визначаються за формулою:

$$\tau_{I \max} = (\tau_1 + \tau_2) K_w, \quad (9)$$

де τ_1 - максимальне статичне дотичне напруження (інформація до розрахунку наведена в [10]);

τ_2 - додаткове динамічне дотичне напруження від проходження хвилі деформації, яке визначається за формулою [11]:

$$\tau_2 = 35,1V_o, \quad (10)$$

$$K_w = \frac{4i-1}{4i-4} + \frac{0,615}{i} - \text{коефіцієнт Вааля, який враховує вплив кривизни витка пружини.}$$

У випадках початкового підтискання пружини необхідно враховувати попередню деформацію s_1 .

За гіпотезою найбільших дотичних напружень (III теорія міцності) маємо відповідні еквівалентні напруження $\sigma_{еквI} = 2\tau_{I \max} \leq [\sigma]$.

В розрахунках пружин відповідального призначення рекомендується вводити коефіцієнт, який враховує нерівномірність напруженого стану по довжині пружини та викривлення її геометричної осі $K_\gamma = 1,1 \dots 1,3$.

Пружини класу III при всіх співвідношеннях V_o та V_{kp} і відносному інерційному зазорі пружини δ не більше 0,4 розраховують на гранично високі дотичні напруження кручення та додаткові контактні напруження від інерційного удару витків при гальмуванні вантажу. Подальший стиск пружини призводить до збільшення дотичних та відповідно еквівалентних напружень:

$$\tau_{II \max} = (\tau_1' K_D + \tau_2) K_w \quad (11)$$

$$\text{та } \sigma_{еквII} = 2\tau_{II \max},$$

де τ_1' - максимальні статичні дотичні напруження в момент удару між витками;

K_D - коефіцієнт динамічності, який враховує розмив хвилі фронту та запізнення початку контактних деформацій за рахунок виникнення тиску між витками ($K_D = 1,1 \dots 1,3$).

Еквівалентні напруження в зоні контакту витків визначаються за формулою [6]:

$$\sigma = \left(4\tau_{II \max}^2 K_w^{-2} + 1158^2 (V_1 K_F^{-1} - V_2)^{1,04} \right)^{0,5}. \quad (12)$$

де V_1, V_2 - швидкості, які необхідні для стискання пружини до початку інерційного руху та від початку інерційного руху до дотику витків;

K_F - коефіцієнт, який враховує зниження контактних напружень внаслідок ефекту формування тиску між витками.

Для покращення характеристик міцності пружин застосовують заневолювання – попереднє пластичне деформування пружин, яке дозволяє отримати в поперечних перерізах витків поле залишкових напружень, що знижують робочі напруження та вирівнюють розподіл напружень по перерізу. Пружини, які використовують в умовах тривалої дії змінних навантажень не заневолюють, оскільки опір втоми заневолюваних пружин не підвищується.

В розрахунках міцності ефект заневолювання пружин враховується номінальними напруженнями виду:

$$\tau_{зан} = \frac{16FD}{\pi d^4} \rho, \quad (13)$$

де ρ - поточний радіус в поперечному перерізі витка (в небезпечному перерізі $\rho = d/2$).

Обчислене значення $\tau_{зан}$ необхідно вводити в формули (9) та (11).

Явище втрати повздовжньої стійкості пружин, які використовують без напрямних (стержнів – при внутрішньому центруванні або стаканів – при зовнішньому центруванні) полягає в боковому випинанні пружин від початкової прямолінійної геометричної осі, що відбувається на проміжній стадії їх стискання. Рекомендовано в [8], що для забезпечення стійкості пружин при стисканні відношення повинно відповідати умовам:

$$\left(\frac{l_o}{D}\right)_{kp} \leq 1,75 - \text{при шарнірному закріпленні опорних витків};$$

$$\left(\frac{l_o}{D}\right)_{kp} \leq 3,5 - \text{при жорсткому закріпленні опорних витків}.$$

Критичний коефіцієнт повздовжньої стійкості пружини визначається за формулою:

$$\left(\frac{l_o}{D}\right)_{kp} = \sqrt{\beta \frac{2 - \frac{1}{1+\mu}}{1 + \frac{1}{1+\mu}}}, \quad (14)$$

де β - коефіцієнт, який враховує характер закріплення опорних витків пружини (значення β при різних закріпленнях витків – дивись табл.1 [12]);

μ - коефіцієнт Пуасона.

З достатньою для інженерних розрахунків точністю граничні значення $(l_o / D)_{kp}$ в залежності від кутів навивки (в межах $4^\circ \dots 8^\circ$), числа витків (в межах 7...20) та особливостей деформування наведені в [13].

Пружин, які мають $(l_o / D)_{kp} > 5$ та після осаду їх до дотику витків, відновлюють свою початкову форму, необхідно додатково перевіряти на динамічну стійкість за допустимим навантаженням:

$$\frac{F_{kp}}{n_c} \leq [F], \quad (15)$$

де F_{kp} - критична сила для пружин стискання, при якій втрачається прямолінійна форма рівноваги (перевищення її призводить до бокового випинання і в подальшому до втрати стійкості пружини):

$$F_{kp} = \frac{4GJ}{n^2 D^2}, \quad (16)$$

де $J = \frac{\pi d^4}{64}$ - осьовий момент інерції дроту пружини;

n_c - коефіцієнт запасу повздовжньої динамічної стійкості: $n_c = \frac{1}{s}$ при $s \geq 0,5$ та $n_c = 2,5$ при $s < 0,5$,

де s - відносне осьове зближення торців пружини при закінченні навантаженням критичною силою F_{kp} . Величина s встановлюється в залежності від заданої відносної ступені стискання пружини $m = s / l_o$.

Висновки. Наведено систематизацію та узагальнення традиційних методів розрахунку гвинтових циліндричних пружин на міцність та повздовжню стійкість для загального випадку умов навантаження (без ударної і ударної взаємодії витків) та закріплення пружин. Рекомендовано формули для визначення початкової швидкості навантаження пружини з гарантованою відсутністю ударів витків та формули для обчислення еквівалентних напружень при наявності ударів витків пружини. Представлена інформація сприяє комплексному підходу до проектних рішень стосовно пружинних механізмів та необхідна для математичної підтримки в розрахунках пружин на надійність за критеріями втомленої міцності та повздовжньої стійкості.

Список використаних джерел:

1. Aimin Y., Changjin Y. Formulation and evaluation of analytical studies for cylindrical helical spring. *Acta Mechanica Solida Sinica*. 2010. Vol. 23, № 1. P. 85–94.
2. Dammak F. Finite element method for the stress analysis of isotropic cylindrical helical spring. *European Journal of Mechanics A Solids*. 2005. Vol. 24, № 6. P. 1068–1078.

3. Kaiser B., Pyttel B., Berger C. Behavior of helical compression springs made of different materials. *International journal of fatigue*. 2011. Vol. 33, № 1. P. 23–32.
4. Das A., Kumar A. Selection of Spring Material Using Promethee Method. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*. 2015. Vol. 12, № 5. P. 82–91.
5. Полищук Д. Ф. Обзор работ по основным задачам статики и динамики цилиндрических пружин. Аналитический обзор за 1934-1977 гг. № 2344. М: ЦНИИ информации и технико-экономических исследований, 1980. 51с.
6. Полищук Д. Ф. Обобщенная теория цилиндрических пружин. Ижевск: Изд-во Удмуртского государственного университета, 1992. 216 с.
7. Стихановский Б. Н. Определение допустимых скоростей удара витков цилиндрической пружины сжатия. *Омский научный вестник*. Омск, 2006. №4 (33). С.118-119.
8. ДСТУ ГОСТ 1452:2007. Пружини циліндричні гвинтові візків та ударно-тягових приладів рухомого складу залізниць. Технічні умови (ГОСТ 1452-2003, ІДТ). [Чинний від 2007-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.
9. Березін Л. М., Рубанка М. М. До розрахунку деталей на міцність в ймовірнісному аспекті. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Київ, 2018. №4 (124). С.17-25.
10. Березін Л. М., Рубанка М.М. Розрахунки деталей на надійність та довговічність за критерієм втомленісної міцності. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Київ, 2018. №5(125). С. 56-62.
11. Остроумов В. П., Карпунин В.А. Повышение динамической прочности пружин. М.: Машгиз, 1961. 245 с.
12. Гусев А. В., Орлова А. М., Рудакова Е. А. Анализ методов расчета винтовых цилиндрических пружин на устойчивость при сжатии. *Proceedings of Petersburg Transport University*. Санкт-Петербург. 2015. №4. С. 108-116.
13. Яхин С. М., Зиганшин Б. Г., Шамсутдинов Ф. А. Методика проектирования и расчета пружин сельскохозяйственных машин по критерию динамической устойчивости. *Нива Поволжья*. Пенза. 2012. №3 (24). С.41-44.

Рецензенти:

Зенкін Микола Анатолійович, професор кафедри Комп'ютерно-інтегрованих технологій та виміральної техніки Київського національного університету технологій та дизайну, доктор технічних наук, професор

Щербань Юрій Юрійович, професор, завідувач кафедрою Київського коледжу легкої промисловості, доктор технічних наук, академік міжнародної академії інформатизації.

Стаття надійшла до редакції 23.08.2019

УДК: 519.7 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.3

Н.А. Валенда*Харьковский национальный университет радиоэлектроники***МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОРПУСОВ**

Рассматривается метод автоматической обработки параллельных корпусов русского и украинского языков для получения словарей перевода. Для анализа текстовой информации используются технологии Cache Intersystems. В работе рассматривается метод формирования двуязычных словарей на основе разбора параллельных корпусов с помощью технологии iKnow. Производится сопоставление выделенных сущностей на разных языках.

Ключевые слова: словарь; параллельный корпус; Cache; iKnow.

Н.А. Валенда*Харківський національний університет радіоелектроніки***МЕТОД АВТОМАТИЧНОЇ ОБРОБКИ ПАРАЛЛЕЛЬНИХ КОРПУСІВ**

Розглядається метод автоматичної обробки паралельних корпусів російської та української мов для отримання словників перекладу. Для аналізу текстової інформації використовуються технології Cache Intersystems. В роботі розглядається метод формування двомовних словників на основі розбору паралельних корпусів за допомогою технології iKnow. Проводиться зіставлення виділених сутностей на різних мовах.

Ключові слова: словник; паралельний корпус; Cache; iKnow.

N. Valenda**AUTOMATIC METHOD FOR PROCESSING PARALLEL CORPUS**

We consider a method for automatic processing of parallel corpus of Russian and Ukrainian languages to create translation dictionaries. Cache Intersystems technologies are used to analyze textual information. We consider the method of forming bilingual dictionaries based on the analysis of parallel cases using iKnow technology. The selected words are compared in identical sentences in different languages. iKnow identifies concepts and relationships between them in the text. Concepts in sentences are subject and additions. The connections between the concepts are verbs, verb forms.

Keywords: dictionary; parallel corpora; Cache; iKnow.

Постановка проблемы. Традиционное создание системы автоматического перевода является трудоемкой задачей, требующей привлечения специалистов нескольких областей. Значительный объем работы составляет создание словарей, которые лежат в основе работы системы. Для реализации этого этапа необходимо привлечение лингвистов. Автоматизация этапа создания словарей упростила бы процесс создания программы двуязычного перевода.

Качество систем автоматического перевода во многом зависит от содержания и наполнения словаря. Если перевод осуществляется для пары близких языков, то основными причинами ошибок является - недостаточное наполнение словаря и ошибочный подбор значений слов. Программа не учитывает элементарных значений слов и не предлагает их в качестве варианта при переводе.

Для перевода в специализированных областях возможно построение словаря на основе параллельных текстов по данной тематике, который будет давать не самый частотный перевод слова, а ориентированный на эту предметную область.

Выбор правильного значения многозначных слов является, пожалуй, наиболее сложной проблемой в области перевода. Для выбора правильного варианта перевода можно использовать контекст, соответствующий слову в данном значении. При создании словаря на основе параллельных текстов не только выбирается перевод слова, но и фиксируется контекст, в котором слово принимает такое значение.

Анализ последних достижений и публикаций. Данная статья основывается на подходе к автоматическому созданию словарей для систем машинного перевода, предложенному в статье [1]. Отличием является использование средства обработки языка iKnow, интегрированного в технологии Cache Intersystems, что позволяет производить разбор текстов автоматическим образом.

Постановка задания. Создание словаря для двуязычного перевода без привлечения лингвистов, автоматическими методами на основе обработки параллельных корпусов, является актуальной задачей, решение которой упростит процесс создания качественных систем перевода.

Другим направлением применения данной работы может быть улучшение систем многоязычного информационного поиска. В этой области общим подходом является перевод

поискового запроса на все целевые языки. Это осуществляется с помощью двуязычных словарей для исходного и целевого языков. Для эффективного двуязычного поиска существование соответствующих словарей имеет ключевое значение.

Изложение основного материала.

Автоматическое построение словарей перевода имеет две предпосылки:

- наличие параллельных корпусов текстов русского и украинского языков;
- наличие технологии автоматической обработки текстовой информации iKnow, которая работает с выбранными языками.

Применение iKnow позволяет делать разбор текста, выделяя в нем отношения и концепты, используя для этого модель языка. Для каждого концепта подсчитывается статистика - сколько он встречается в тексте. Из концептов и отношений строятся цепочки, отражающие взаимосвязь между понятиями.

Работа по построению словарей может осуществляться в несколько этапов.

- обработка текстов параллельных корпусов с помощью технологии iKnow, выделение концептов и отношений;
- сохранение параллельных разборов в БД Cache [2];
- анализ по предложениям разобранных параллельных корпусов, сопоставление слов и переводных эквивалентов. Если слово многозначно, то указываются все варианты перевода и их вероятность;
- формирование словаря двунаправленного перевода.

Полученные словари могут быть использованы как основа системы автоматического двуязычного перевода.

В качестве источника параллельных текстов можно использовать литературные источники, доступные на двух языках, сайты, которые переведены на оба языка, уже готовые параллельные корпуса. На данном этапе в качестве источника данных для обработки выбран выровненный на уровне предложений российско-украинский параллельный текстовый корпус из веб-публикаций, созданный в информационном центре ElVisti. Объем корпуса - более 2600000 пар уникальных предложений. Для научных целей открыт свободный доступ к фрагменту в 100 000 пар уникальных предложений [3].

Формат представления данных приближен к XML:

```
<Item>  
  <Rus> предложение </ rus>  
  <Ukr> предложение </ ukr>  
</ Item>
```

Обработка данных Cache. Данные считываются из файла, который содержит параллельный корпус. Данные представлены в XML формате, поэтому они нуждаются в парсинге. Процесс парсинга происходит на стороне Cache, файл с параллельным корпусом обрабатывается, создаются объекты Cache. Далее объекты Cache сохраняются в базу данных, где находятся до их дальнейшей обработки модулем iKnow. После сохранения в базе данных объектов Cache, мы имеем SQL таблицу, содержащую записи параллельных предложений. Далее SQL записи вынимаются из базы данных, предложения на русском языке обрабатываются модулем iKnow с помощью модели русского языка и хранятся в российском домене, украинские предложения обрабатываются украинской моделью языка и попадают в украинском домен iKnow. После парсинга параллельный корпус попадает в базу данных.

Язык разработки CacheObjectScript позволяет использовать объектно-ориентированный подход к созданию программы. Стержнем программы является класс MainProgram, с помощью которого возможно проинициализировать систему, используя параллельный корпус, а также возможно перевести слово с украинского на русский и наоборот. Класс CorporaParser используется для обработки xml-файла и хранения элементов корпуса в базе данных, используя класс CorporaElement, который в свою очередь использует CacheLibrary. После хранения данных класс SQLDomainLoader используется для создания украинского и русского доменов, он использует iKnow API для этого. Класс Translator используется для перевода слова с входного языка на целевой язык.

Технология InterSystems iKnow позволяет индексировать текстовые файлы и неструктурированные данные других типов для выделения элементов представления знаний, концепций и связей между ними. В отличие от других технологий семантического анализа и поиска, технология iKnow автоматически показывает наиболее значимые элементы в данных без

необходимости какого-либо вмешательства пользователя, даже без занесения ключевых терминов в качестве поискового критерия [4].

Система обработки параллельных корпусов базируется на использовании модуля iKnow базы данных Cache. Двигатель семантического анализа iKnow используется для анализа неструктурированных данных, которые записываются в виде текста. Предоставляя возможность для быстрого доступа и анализа данных этого типа, iKnow не требует дополнительных предварительных знаний о содержании этих данных, даже знаний о том, на каком языке данные пользователя, если iKnow поддерживает этот язык.

Неструктурированные данные могут состоять из нескольких текстов, часто из очень большого количества текстов. Текст обычно разделяется по знакам пунктуации на предложения. Текстовым источником может быть файл или результат SQL запроса, или даже веб-источник.

iKnow обеспечивает доступ к неструктурированным данным, разделяя текст на связанные элементы и вычисляя определенный индекс для этих элементов. Система делит текст на предложения, а затем делит каждое предложение на последовательности понятий и отношений. Система выполняет эту операцию путем определения языка текста (например, украинский), а затем применяя соответствующую модель языка в iKnow.

Отношение - это слово или группа слов, которые объединяют два понятия, определяя отношение между ними. Система содержит компактную языковую модель, которая способна определить отношения в предложении.

Понятие - это слово или группа слов, связанных отношением. При определении отношений iKnow может определить связанные с ним понятия. Таким образом, двигатель iKnow может определить понятие семантически без "понимания" их содержания.

Обычно глаголы - это отношение, а существительные - это понятия. Однако, лингвистическая модель отношений и понятий значительно более сложная, чем разница между глаголами и существительными.

iKnow делит предложения на понятия (P) и отношения (R). Языковая модель использует относительно небольшой и фиксированный словарь слов отношений и набор правил для выявления отношений в контексте. Все, что не идентифицировано как отношение считается понятием. iKnow также идентифицирует нерелевантные слова, такие как "и", и не использует их в дальнейшем анализе.

Отношения и понятия вместе называются элементом. Однако отношение почти никогда не имеет смысла без связанного с ним понятия. Система анализа iKnow подчеркивает связь понятий и последовательностей, которые содержат понятия и отношения.

Поскольку iKnow анализирует текст с помощью небольшой и стабильной модели языка, которая сосредоточена на выявлении отношений, она может достаточно быстро индексировать тексты на любую тему. Системе не нужно использовать словарь для идентификации понятий.

После того, как iKnow определила понятия и отношение в каждом предложении текста, или во многих текстах, эта информация может быть использована для выполнения следующих видов операций: SmartIndexing, SmartMatching.

Интеллектуальное индексирование (SmartIndexing) дает возможность анализировать и преобразовывать неструктурированные текстовые данные в понятный набор концепций и связей между ними без необходимости использования предварительно заданных словарей, таксономий и онтологий. Эта функция позволяет определить в больших объемах неструктурированного текста без ввода ключевого слова, какие тексты похожи, какие имеют связи между собой, какая информация является репрезентативной и значимой.

Интеллектуальное индексирование используется для нескольких разных языков. Оно также может обнаруживать концепции (повторяющиеся паттерны) в неструктурированных данных, не являющихся традиционным текстом. Образцы индексированных предложений на украинском и русском языках приведены на рис. 1.

Indexed sentences		Український домен	
На думку слідства, С.Філевські може виявитися винуватцем цієї події.			
Concepts		CRCs	
entity	frequency	CRC	frequency
виявитися винуватцем	1	на думку слідства	1
події	1	с.філевські може виявитися винуватцем	1
с.філевські	1		
слідства	1		

Indexed sentences		Російський домен	
По мнению следствия, С.Филевски может оказаться виновником этого происшествия.			
Concepts		CRCs	
entity	frequency	CRC	frequency
виновником	1	по мнению следствия	1
происшествия	1	с.филевски может оказаться виновником	1
с.филевски	1		
следствия	1		

Рис. 1 Образец проиндексированных предложений

Функция SmartMatching: позволяет связать объекты во входных текстах с внешними элементами, такими как списки или словари. Эти списки содержат слова, фразы или предложения для поиска полного или частичного сопоставления.

При практической работе с системой iKnow последовательность действий делится на два этапа: загрузку данных в домен и запросы к этим данным. Загрузку данных можно организовать из разных источников (файл, интернет, sql-запрос). Загрузка данных выполняется двумя классами - это Lister и Loader. Можно также вмешиваться в этот процесс, добавляя конвертеры и процессоры текста для более тонкой настройки загрузки данных. После того, как данные были загружены в домен, доступ к ним можно получить благодаря выполнению запросов на языке CacheObjectScript или через уровень SOAP веб-сервисов.

Алгоритм обработки параллельных текстов. Разработана программная система обработки параллельных корпусов, которая состоит из веб-сервиса и клиента. В систему был загружен российско-украинский параллельный корпус, который был создан для научных целей в информационном центре EIVista.

Элементы корпуса изымались из XML файла, который требовал предварительной обработки. Образец параллельного корпуса приведен на рис. 2.

```

<item>
  —><rus>Под прицелом оказались мелкие акционеры небольшого бизне
  —><ukr>Під прицілом опинилися дрібні акціонери невеликого бізне
</item>
<item>
  —><rus>Под прицелом оставил судью и секретаря, а милиционера 19
  —><ukr>Під прицілом залишив суддю та секретаря, а міліціонера 1
</item>
<item>
  —><rus>Под прицелом следующей программы будут матчи 20-го тура
  —><ukr>Під прицілом наступної програми будуть матчі 20-го туру
</item>
<item>
  —><rus>Под приемной президента сидит уже четвертый месяц.</rus>
  —><ukr>Під приймальною президента сидить уже четвертий місяць.<
</item>

```

Рис. 2 Образец параллельного корпуса

Для осуществления перевода был разработан алгоритм, который использует IKnowQueries API. Он позволяет найти перевод для сущности на входном языке на целевой язык. Сущность в терминах Cache - это самостоятельная часть предложения, это может быть концепт, отношение или незначимая часть. Алгоритм построен с использованием трех классов в библиотеке CacheIKnow, а именно EntityAPI, SourceAPI, SentenceAPI. Эти классы предоставляют возможности для работы с доменом.

После анализа результатов индексации текста системой iKnow, был предложен следующий алгоритм. Берем заданную сущность в языке оригинала и находим все предложения на входном языке, в которых встречается эта сущность. После нахождения этих предложений, берем каждое предложение отдельно. Для каждого отдельного предложения ищем предложения на языке перевода. Находим позицию сущности в предложении на входном языке. Извлекаем сущность в предложении на языке перевода по найденной позиции. Добавляем пару сущность-перевод к результату. Обрабатываем все предложения таким образом. После обработки анализируем полученные пары, отсекаем пары с частотой ниже определенного коэффициента. Далее сохраненные пары можно будет использовать через веб-интерфейс для получения перевода.

Выводы. В данной работе был рассмотрен метод создания словарей с машинным интерфейсом на основе параллельных корпусов. Предложенный автоматический метод позволил сформировать двуязычный словарь перевода. Такой подход гарантирует, что наиболее значимые переводы будут включены в выходной словарь, если выбранные параллельные корпуса достаточно полные. Кроме того, возможные кандидаты для перевода могут быть отсортированы по вероятности их перевода, тем самым гарантируя, что переводные эквиваленты идут первыми. Все соответствующие примеры предложений доступны, что позволяет посмотреть на контекст перевода, выбирая соответствующий перевод в случае нескольких значений.

Список использованных источников:

1. Жигало В.В., Ландэ Д.В. Статистический онлайн-переводчик InfoStream // Прикладна лінгвістика та лінгвістичні технології: MegaLing'2010: Зб. наук. пр. / НАН України, Укр. мовно-інформ. фонд – Киев, 2010. С. 65-78.
2. Гайдаржи В.І., Михайлова І.Ю. Об'єктно-реляційна СУБД Cache. Київ: Освіта України, 2015. 310с.
3. Украинско-русский параллельный текстовый корпус, URL: <http://ling.infostream.ua/> (дата обращения 30.08.2019)
4. InterSystems Product Documentation, URL: <http://docs.intersystems.com> (30.08.2019)

Рецензент:

Грицунов О.В., профессор кафедры МЭЭПУ, доктор физико-математических наук, профессор

Стаття надійшла до редакції 15.09.2019

УДК 621.9.048 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.4

О.П. Гапонова

Сумський державний університет

**АНАЛІЗ ЯКОСТІ КОМПЛЕКСНИХ СУЛЬФОЦЕМЕНТОВАНИХ ПОКРИТТІВ,
ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ**

Проведений аналіз якості поверхневих шарів після сульфоцементації методом електроіскрового легування. Металлографічні дослідження показали, що характерний для електроіскрових покриттів білий шар не виражений. Поверхневий шар складається з дифузійної зони, товщина якої збільшується зі зростанням енергії розряду, і основного металу. ДюрOMETРИЧНІ дослідження сульфоцементованих покриттів свідчать про те, що в поверхневому шарі утворюються дві зони: зона зниженої мікротвердості та зміцнений шар. За даними мікрорентгеноспектрального аналізу, приповерхневий шар насичений сіркою. Сірка накопичується в поверхні металу на глибині до 30 мкм, її концентрація на цій відстані становить близько 0,4%. Зі збільшенням енергії розряду твердість, глибина шару зниженої мікротвердості і зміцненого шару, а також шорсткість поверхні збільшуються.

Ключові слова: електроіскрове легування, покриття, сірка, вуглець, мікроструктура, мікротвердість, рентгеноспектральний аналіз, шорсткість.

О.П. Гапонова

**АНАЛИЗ КАЧЕСТВА КОМПЛЕКСНЫХ СУЛЬФОЦЕМЕНТОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ**

Проведен анализ качества поверхностных слоев после сульфоцементации методом электроискрового легирования. Металлографические исследования показали, что характерный для электроискровых покрытий белый слой не выражен. Поверхностный слой состоит из диффузионной зоны, толщина которой увеличивается с ростом энергии разряда, и основного металла. ДюрOMETРИЧЕСКИЕ исследования сульфоцементованных покрытий свидетельствуют о том, что в поверхностном слое образуются две зоны: зона пониженной микротвердости и упрочненный слой. По данным микрорентгеноспектрального анализа, приповерхностный слой насыщен серой. Сера накапливается в поверхности металла на глубине до 30 мкм, ее концентрация на этом расстоянии составляет около 0,4%. С увеличением энергии разряда твердость, глубина слоя пониженной микротвердости и упрочненного слоя, а также шероховатость поверхности увеличиваются.

Ключевые слова: электроискровое легирование, покрытие, сера, углерод, микроструктура, микротвердость, рентгеноспектральный анализ, шероховатость.

O. Gaponova

**ANALYSIS OF QUALITY COMPLEX SULFOCEMENTED COATINGS OBTAINED BY
ELECTROSPARK ALOYING**

The analysis of quality surface layers after sulfocementation by electrospark alloying is carried out. Metallographic studies are shown that the typical white layer of electrospark coatings is not pronounced. The surface layer consists of a diffusion zone, the thickness of which increases with increasing discharge energy, and the base metal. Durometric studies of sulfocemented coatings are shown that two zones are formed in the surface layer: zone of low microhardness and hardened layer. The surface layer is saturated with sulfur, according to X-ray spectrum analysis. Sulfur accumulates on the metal surface to depth of 30 μm , its concentration at this distance is about 0.4%. With an increase in the discharge energy, the hardness, the depth of the layer of reduced microhardness and the hardened layer, as well as the surface roughness increase.

Keywords: electrospark alloying, coating, sulfur, carbon, microstructure, microhardness, X-ray spectral analysis, roughness.

Постановка проблеми. Відомо [1-2], що поліпшення захисних і трибологічних властивостей поверхонь деталей можна досягти за рахунок нанесення спеціальних покриттів, які підвищують твердість, корозійну стійкість, попереджають металевому контакту, знижують коефіцієнт тертя, тобто методи, що гальмують розвинення схоплення, втормозують окиснювальних, корозійно-утомних і абразивних процесів. З цією метою застосовуються методи поверхневого пластичного деформування, модифікування поверхонь термодифузійним насиченням різними елементами, оброблення поверхонь концентрованими джерелами енергії, нанесення гальванічних, газотермічних і інших захисних покриттів [3].

Проведений аналіз причин пошкодження поверхонь тертя деталей машин показав, що в багатьох випадках проблема підвищення зносостійкості трибомеханічних систем вирішується модифікуванням робочих поверхонь деталей методом електроіскрового легування (ЕІЛ) [4, 5]. Метод ЕІЛ дозволяє формувати на металах поверхнево-зміцнені шари із будь яких струмопровідних матеріалів, відрізняється технологічною простотою, низькою енергоємністю, високою міцністю зчеплення нанесеного шару з основою. Важливою позитивною якістю ЕІЛ є

можливість отримувати багатофункціональні градієнтні покриття з дискретною структурою та багатшарові покриття і змінним по товщині фазовим складом [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки проводяться роботи по створенню виробів, які можна було б використовувати без зовнішнього змащування. До цих виробів застосовують термін «самозмащувальні», оскільки при їх експлуатації не використовується зовнішнє мастило, а застосовуються в основному композиційні матеріали з дисульфідом молібдену (MoS_2). Формування і дослідження покриттів на основі дисульфиду молібдену є одним з найбільш перспективних напрямків в області створення твердозмащувальних покриттів [7].

У роботі [8] пропонується спосіб сульфидування, що перешкоджає схоплюванню, який зводиться до створення на поверхні деталі плівки сульфідів. Останні підвищують поверхневу активність металів і сплавів, а також змочування поверхнево активними речовинами й опір схоплюванню. Плівка сульфиду заліза (FeS) підвищує зносостійкість поверхонь тертя і покращує їх припрацьовуваність. Феросульфідне покриття має досить високу пористість і вбирає велику кількість мастила, забезпечуючи матеріалу властивість самозмащування. До недоліків традиційного сульфидування, крім збільшення шорсткості поверхні і розмірів деталі, слід віднести: нагрівання всієї деталі, а відповідно і структурні зміни металу; жолоблення і викривлення; велика тривалість процесу; велика витрата електроенергії; негативний вплив на екологію та ін.

Процес цементації сталевих поверхонь забезпечує підвищення твердості і зносостійкості. У роботі [9], запропонований спосіб цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням, який має ряд переваг, основними з яких є: досягнення 100% суцільності зміцненого поверхневого шару; підвищення твердості поверхневого шару деталі, за рахунок дифузійно-гартівних процесів; можливість здійснення легування в зазначених місцях без необхідності в одночасному захисті решти поверхні деталі; відсутність об'ємного нагрівання деталі, а, отже, жолоблення і викривлення; простота застосування технології; гнучка прив'язка до наявного обладнання; процес зміцнення не вимагає спеціальної підготовки і високої кваліфікації робітника і т.д.

На підставі вище викладеного, представляє науковий і практичний інтерес поєднати процеси цементації і сульфидування в один, спрямований на загальне підвищення якісних параметрів поверхневого шару деталей пар тертя, який здійснюється методом ЕЛЛ.

Постановка завдань. В роботі поставлено мету – підвищення якості сульфоцементованих покриттів, отриманих методом електроіскрового легування.

Методика дослідження. Для дослідження використовували зразки зі сталі 20 (ГОСТ 1050-88) розміром 15x15x8 мм, на які наносили сірчану мазь і проводили цементацію графітовим електродом на установці моделі «Елітрон-52А» з енергією розряду: $W_p=0,13; 0,55$ і 3,4 Дж.

Металографічний аналіз покриттів проводили за допомогою оптичного мікроскопа МІМ-7, а дюрOMETричні дослідження – на приладі ПМТ-3 за стандартними методиками.

Якісний аналіз і кількісний склад покриттів на зразках проводився із застосуванням скануючого електронного мікроскопа РЕММ-102 виробництва ВАТ "SELMI", оснащеного рентгенівським мікроаналізатором. Мікрофотографії з ділянок поверхонь досліджуваних зразків були отримані з різними рівнями збільшення в режимі формування зображення струмом вторинних електронів. Елементний склад покриття визначався по глибині від поверхні зразків з кроком сканування 15 мкм. Розрахунок вагових (масових) відсотків концентрації здійснювали методом порівняння досліджуваних зразків з еталонами. При цьому враховувалися фізичні поправки на атомний номер, поглинання випромінювання і флуоресценцію (метод трьох поправок).

Шорсткість поверхні після ЕЛЛ вивчали шляхом зняття і обробки профілограм на приладі профілограф-профілометр моделі 201.

Викладення основного матеріалу.

Проведений металографічний аналіз отриманих зразків зі сталі 20 показав, що характерний для електроіскрових покриттів білий шар після сульфоцементації не виражений (рис. 1). Чітко спостерігається дифузійна зона, товщина якої, як і слід було б очікувати, збільшується зі зростанням енергії розряду. В результаті нагрівання в міжкритичний температурний інтервал в процесі ЕЛЛ в дифузійній зоні формується ділянка неповної фазової перекристалізації.

ДюрOMETричні дослідження сульфоцементованих покриттів свідчать про те, що в поверхневому шарі утворюються дві зони: в при поверхневому шарі – зона зниженої мікротвердості, далі йде зона підвищеної мікротвердості – зміцнений шар (рис. 1 і табл. 1). Необхідно відзначити, що зі збільшенням енергії розряду твердість і глибина шару зниженої мікротвердості і зміцненого шару збільшуються. Очевидно, така особливість формування

сульфоцементованого шару, отриманого методом ЕІЛ, пов'язана з різною дифузією вуглецю та сірки вглиб металу.

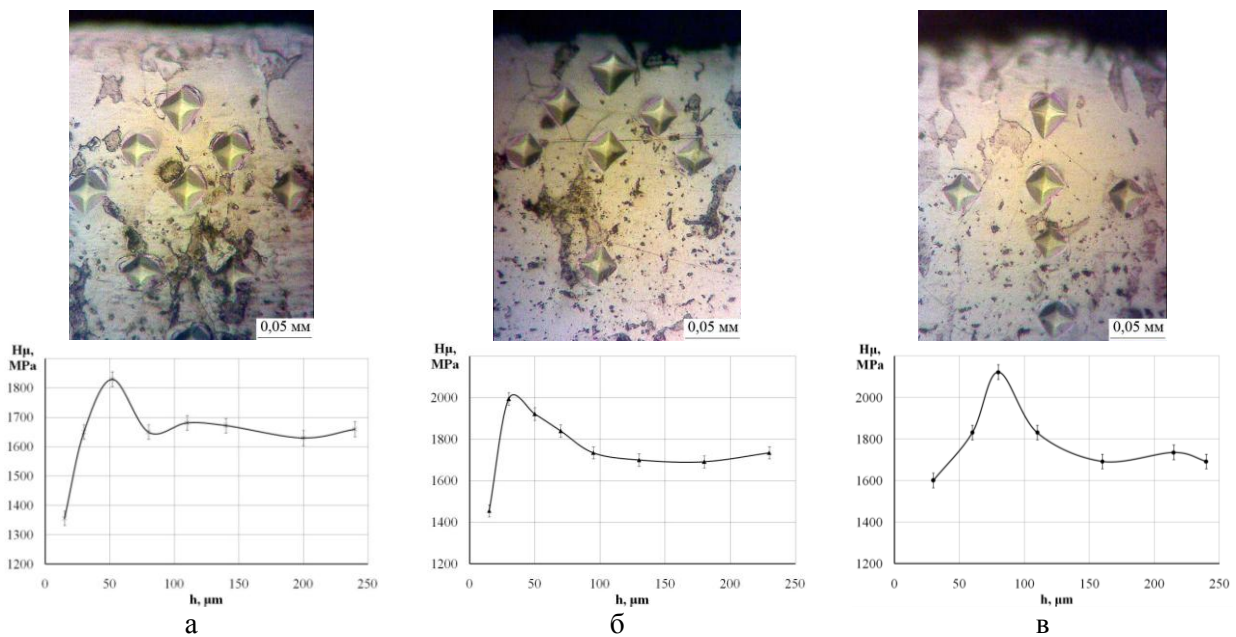


Рис. 1. Структура і розподіл мікротвердості в поверхневому шарі сталі 20 після сульфоцементатії методом ЕІЛ: а – $W_p = 0,13$ Дж; б – $W_p = 0,55$ Дж; в – $W_p = 3,4$ Дж

Таблиця 1.

Якісні параметри сульфоцементованих покриттів, отриманих методом ЕІЛ на сталі 20

Енергія розряду (W_p), Дж	Шорсткість, мкм			Шар зниженої мікротвердості		Зміцнений шар		Кількість сірки на поверхні, %	Глибина шару з підвищеним вмістом сірки, мкм
	Ra	Rz	Rmax	H μ , МПа	h, мкм	H μ , МПа	h, мкм		
0,13	1,1	2,6	7,1	1350	15	1830	30	1,01	60
0,55	1,7	4,6	13,0	1460	20	2000	40	0,65	90
3,4	2,5	3,9	15,4	1600	30	2150	50	0,45	150

Результати мікрорентгеноспектрального аналізу свідчать про те (рис. 2), що сірка накопичується в поверхні металу на глибині до 30 мкм, її концентрація на цій відстані становить близько 0,4% (табл. 2). При ЕІЛ графітовим електродом вуглець дифундує вглиб металу і на відстані 30-50 мкм від поверхні формується зміцнений шар з мікротвердістю близько 2000 МПа (табл. 1). Необхідно відзначити, що зі збільшенням енергії розряду від 0,13 до 3,4 Дж, а також характерних точках спостерігається зменшення кількості сірки, що, мабуть, пов'язано з вигоранням сірки при протіканні імпульсного розряду в процесі ЕІЛ [10].

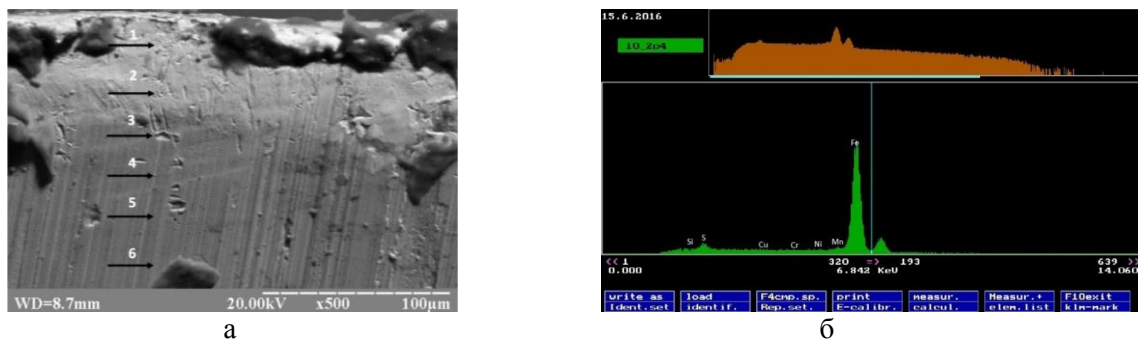


Рис. 2. Результати електронномікроскопічних досліджень покриттів після сульфоцементатії методом ЕІЛ при $W_p = 0,13$ Дж: а – фото торця зразка і точок, в яких визначено хімічний склад покриття по глибині (табл. 2); б – спектр сульфоцементованої поверхні в точці

Таблиця 2.

Хімічний склад поверхневого шару сталі 20 після сульфоцементації методом ЕІЛ

Досліджувана точка поверхні (рис. 2, а)	Елементи, %						
	S	Cu	Cr	Ni	Mn	Si	Fe
$W_p = 0,13$ Дж							
1	0,78	0,21	0,23	0,21	0,62	0,23	97,72
2	0,58	0,19	0,20	0,18	0,59	0,22	98,04
3	0,17	0,21	0,19	0,16	0,62	0,20	98,45
4	0,05	0,22	0,11	0,19	0,61	0,19	98,63
5	0,03	0,18	0,24	0,23	0,59	0,24	98,49
6	0,02	0,20	0,23	0,16	0,63	0,23	98,53
$W_p = 0,55$ Дж							
1	0,54	0,23	0,21	0,21	0,57	0,24	98,00
2	0,41	0,19	0,23	0,19	0,59	0,22	98,17
3	0,25	0,16	0,19	0,23	0,61	0,20	98,36
4	0,12	0,21	0,16	0,21	0,54	0,23	98,53
5	0,08	0,18	0,23	0,16	0,53	0,24	98,58
6	0,05	0,24	0,21	0,25	0,52	0,17	98,56
7	0,03	0,22	0,24	0,19	0,58	0,24	98,50
$W_p = 3,4$ Дж							
1	0,47	0,22	0,24	0,21	0,56	0,23	98,07
2	0,39	0,19	0,23	0,19	0,59	0,22	98,17
3	0,28	0,17	0,18	0,23	0,51	0,20	98,43
4	0,18	0,22	0,17	0,21	0,55	0,23	98,44
5	0,12	0,19	0,24	0,15	0,55	0,23	98,52
6	0,08	0,24	0,21	0,25	0,52	0,17	98,56
7	0,08	0,25	0,23	0,19	0,56	0,23	98,46
8	0,07	0,23	0,20	0,20	0,53	0,25	98,52
9	0,06	0,25	0,21	0,26	0,50	0,20	98,52
10	0,05	0,19	0,20	0,16	0,55	0,23	98,55
11	0,03	0,20	0,19	0,14	0,40	0,23	98,81

На рис. 3 показані топографії різних ділянок поверхневих шарів при сульфоцементації сталі 20, сформованих, відповідно, з енергією розряду $W_p = 0,13, 0,55$ і $3,4$ Дж. Дослідження показали, що вони мають ряд загальних закономірностей: на поверхні утворюються виступи і западини, які характеризуються приблизно правильною округлістю. Однак їх дисперсність зменшується з ростом енергії розряду.

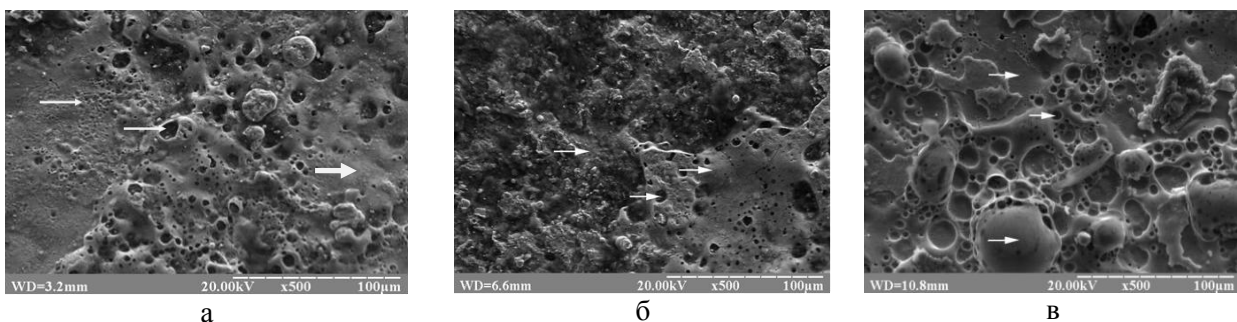


Рис. 3. Топографії ділянок поверхні сталі 20 після сульфоцементації методом ЕІЛ:
а – $W_p = 0,13$ Дж; б – $W_p = 0,55$ Дж; в – $W_p = 3,4$ Дж

На рис. 4 представлені профілограми поверхневих шарів, отриманих при сульфоцементації методом ЕІЛ з $W_p = 0,13; 0,55$ і $3,4$ Дж. Як і слід було б очікувати, зі збільшенням енергії розряду, шорсткість поверхні збільшується (табл. 1).

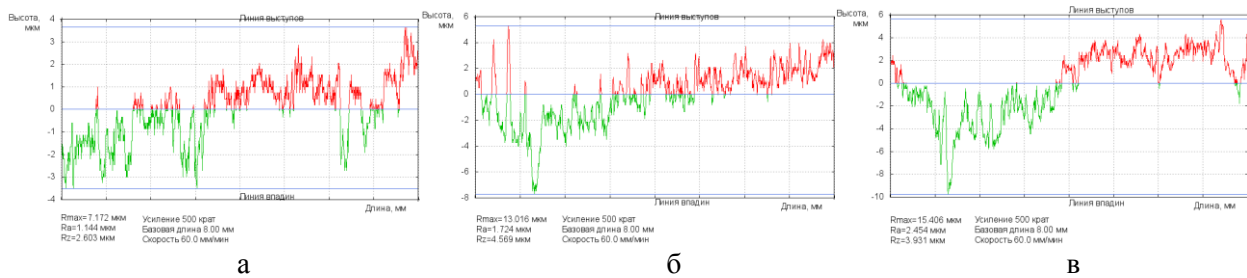


Рис. 4. Профілограми поверхневих шарів, отриманих при сульфоцементатії методом ЕІЛ:
а – $W_p = 0,13$ Дж; б – $W_p = 0,55$ Дж; в – $W_p = 3,4$ Дж

Висновки. Таким чином, проведений аналіз якості поверхневих шарів після сульфоцементатії методом електроіскрового легування. Металографічні дослідження показали, що характерний для електроіскрових покриттів білий шар не виражений. Поверхневий шар складається з дифузійної зони, товщина якої збільшується зі зростанням енергії розряду, і основного металу. ДюрOMETричні дослідження сульфоцементованих покриттів свідчать про те, що в поверхневому шарі утворюються дві зони: зона зниженої мікротвердості, що, за даними мікрорентгеноспектрального аналізу, насичена сіркою, і зона підвищеної мікротвердості ($H_c \sim 2150$ МПа) – зміцнений шар, в який дифундує переважно вуглець. Зі збільшенням енергії розряду твердість і глибина шару зниженої мікротвердості і зміцненого шару збільшуються. Сірка накопичується в поверхні металу на глибині до 30 мкм, її концентрація на цій відстані становить близько 0,4%. Для практичного застосування можна рекомендувати процес сульфоцементатії методом ЕІЛ, використовуючи режими (енергію розряду в межах $W_p = 0,55-3,4$ Дж), які забезпечують формування сульфідного шару товщиною до 30 мкм, мікротвердістю 1460-1600 МПа, зміцненого шару з мікротвердістю до 2150 МПа, шорсткістю (R_a) біля 2 мкм і суцільністю шару 95-100%.

Список використаних джерел:

1. Машков Ю.К. Трение и модифицирование материалов трибосистем / Ю.К. Машков, К.Н. Полещенко, С.Н. Поворознюк, П.В. Орлов. – М.: Наука, 2000. – 280 с.
2. Аверьянова И.О. Технология машиностроения. Высокоэнергетические и комбинированные методы обработки: учеб. пособие. / И.О. Аверьянова, В.В. Клепиков. – М.: ФОРУМ, 2008. – 304 с.
3. Верхотуров А.Д. Формирование поверхностного слоя металлов при электроискровом легировании / А.Д. Верхотуров. – Владивосток: Дальнаука, 1995. – 323 с.
4. Абрамчук А.П. Трение и износ покрытий, полученных электронным упрочнением поверхности сплава АЛ-25 тугоплавкими соединениями / А.П. Абрамчук, Г.А. Бовкун, В.В. Михайлов // Электронная обработка материалов. – 1989. – №1. – С. 17-20.
5. Марчук В.С. Захист поверхонь тертя дискретними поверхнями / В.С. Марчук, Б.А. Ляшенко, М.В. Кіндрачук, О. І. Духота // Проблеми тертя та зношування. – 2013. – №2 (61). – С. 80 – 87.
6. Коротаев Д.Н. Технологические возможности формирования износостойких наноструктур электронным легированием: монография / Д.Н. Коротаев. – Омск: СибАДИ, 2009. – 255 с.
7. Ионно-лучевые покрытия на основе хрома с добавкой MoS_2 / М.А. Андреев, Л.В. Маркова, А.Н. Мойсейчик, В.В. Колета // ПОЛИКОМТРИБ-2011: Тезисы докладов международной научно-технической конференции. – Гомель: ИММС НАНБ, 2011. – С. 32-33.
8. Денисова Н.Е., Шорин В.А., Гонтарь И.Н., Волчихина Н.И., Шорина Н.С. Триботехническое материаловедение и триботехнология: учеб. пособие / Под общей редакцией Н.Е. Денисовой. – Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2006. – 246 с.
9. Способ цементации стальных деталей электроэрозионным легированием. Пат. 2337796. Российская Федерация. МПК В 23Н 9/00 / Марцинковский В.С., Тарельник В.Б., Белоус А.В.; Заявлено 05.10.2006; Опубликовано 10.04.2008, Бюл. № 31. с. 3.
10. Патент України на корисну модель UA 119318 U МПК (2017.01) В23Н 1/00, В23Н 9/00, С23С 8/60 (2006.01). Спосіб сульфоцементатії сталевих деталей / Тарельник В.Б., Марцинковский В.С., Белоус А.В., Гапонова О.П., Коноплянченко С.В., Антошевський Б., Кундера Ч., Жуков О.М. – № u201701847; заявл. 27.02.2017; опубл. 25.09.2017. – Бюл. № 18/2017.

Рецензенти:

Тарельник В.Б., завідувач кафедри технічного сервісу, доктор технічних наук, професор, Сумський національний аграрний університет.

Марченко С.В., доцент кафедри прикладного матеріалознавства та технології конструкційних матеріалів, кандидат технічних наук, доцент, Сумський державний університет.

Стаття надійшла до редакції 06.09.2019

УДК:621.33 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.5

Р.Б. Гевко, Ю.С. Никеруй*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ
КАНАТНОГО МЕХАНІЗМУ ДЛЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ МАЛИХ СКЛАДСЬКИХ
ПРИМІЩЕНЬ ЯБЛУКАМИ У ТАРІ**

На основі розробленого комплексу запатентованих технічних рішень запропонована експериментальна установка канатного механізму для завантаження малих складських приміщень яблуками у тарі. Наведена методика проведення експериментальних досліджень для забезпечення ефективного виконання технологічного процесу при мінімальних травмуваннях яблук при їх транспортуванні для тривалого їх зберігання.

Ключові слова: канатні механізми, опори, пари роликів, механізм натягу канатів.

Р.Б. Гевко, Ю.С. Никеруй**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ
ИССЛЕДОВАНИЙ КАНАТНОГО МЕХАНИЗМА ДЛЯ ЗАГРУЗКИ МАЛЫХ СКЛАДСКИХ
ПОМЕЩЕНИЙ ЯБЛОК В ТАРЕ**

На основании разработанного комплекса запатентованных технических решений предложена экспериментальная установка канатного механизма для загрузки малых складских помещений яблок в таре. Приведена методика проведения экспериментальных исследований для обеспечения эффективного исполнения технологического процесса при минимальном травмировании яблок при их транспортировке для длительного хранения.

Ключевые слова: канатные механизмы, опоры, пары роликов, механизм натяжки канатов.

R. Hevko, Y. Nykerui**EXPERIMENTAL INSTALLATION AND METHOD OF CARRYING OUT THE
INVESTIGATION OF ROPE MECHANISM FOR LOADING SMALL STORAGE PREMISES
BY PACKED APPLES**

The experimental installation of rope mechanism for loading small storage premises with packed apples is proposed on the basis of the developed complex of patented technical solutions. The technique of carrying out experimental researches for ensuring the effective execution of the technological process with minimal apples damage during their transportation for long storage is presented. Methods for determining the amount of rope slack under different vertical loads and their tensile forces are proposed. Methods for determining the amplitude of the oscillations of cargo transportation and methods for limiting their critical values are presented. Depending on the speed of impact interaction of apples of different masses and varieties with different surfaces, methods of determining the terms of local areas of their putrefying during storage at different temperature modes are proposed.

Keywords: rope mechanisms, bearing supports, roller pairs, rope tension mechanism.

Постановка проблеми.

Технологічні процеси завантаження штучними вантажами складських приміщень потребують чіткого забезпечення норм, які до них висуваються, особливо, коли це стосується яблук, та інших фруктів, які повинні зберігатись до часу реалізації. Зібрані фрукти, як правило, вкладаються у тару, яка транспортується до зони зберігання (складських приміщень).

В умовах, які склалися на даний час, варто модернізувати вже існуючі будівлі під малі складські приміщення, використовуючи фундаменти і надбудову, та надавати їм іншого цільового призначення.

Таким чином, метою даної роти є визначення напрямків подальших досліджень для забезпечення ефективного транспортування яблук у тарі, для їх зберігання з мінімальними пошкодженнями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З проведеного огляду та аналізу відомих досліджень процеси завантаження складських приміщень штучними вантажами переважно здійснюються роликівими, гвинтовими [1, 2] та стрічковими транспортно-завантажувальними механізмами [3]. Модернізація даних механізмів дозволить формувати транспортно-технологічні лінії для виконання вище зазначених процесів. При цьому траєкторія переміщення вантажів в проекції на горизонтальну площину може здійснюватись за допомогою окремих дискретно встановлених транспортерів. Проте, такі типи транспортерів є конструктивно складними та матеріаломісткими, а їх застосування є економічно доцільним при транспортуванні вантажів на великі відстані.

Застосування канатних транспортерів для переміщення різних вантажів при використанні тросових транспортно-технологічних механізмів, які можуть бути прототипами в даних дослідженнях, викладено в роботах [4, 5].

Теоретичні основи розробки несучих і тягових систем на основі канатних механізмів, а також методики розрахунку основних елементів підвісних канатних лісотранспортних установок наведено в наукових роботах [6, 7].

Розроблена конструктивна схема експериментальної установки для проведення досліджень з визначення силових і геометричних параметрів канатних транспортних механізмів, а також обґрунтування раціональних параметрів переносної лебідки з підвищеною навантажувальною здатністю наведено в працях [8, 9].

З метою зниження динамічних навантажень на привідні та несучі елементи транспортно-технологічних механізмів здійснено комплекс теоретичних і експериментальних досліджень з визначення раціональних параметрів розроблених захисних механізмів, результати яких наведено в працях [2, 10].

Постановка завдань. В роботі поставлено мету – розробити експериментальну установку канатного механізму для завантаження малих складських приміщень яблуками у тарі. Запропонувати методику проведення досліджень, яка повинна включати визначення величини провисання тросів при різних навантаженнях у вертикальному напрямку та зусиллях їх натягу; визначення швидкості переміщення вантажів від кутів нахилу пари тросів до горизонту та величини їх провисання з метою забезпечення самогальмування тари при її підході до зони вивантаження. Розробити методику встановлення амплітуди коливань вантажів при їх транспортуванні та запропонувати способи обмеження її критичних значень. Запропонувати методику визначення термінів локальних зон гниття яблук при їх зберіганні в різних температурних режимах в залежності від швидкості ударної взаємодії різної маси яблук та сортів з матеріалами тарних ящиків.

Викладення основного матеріалу. Для завантаження малих складських приміщень штучними вантажами, а саме яблуками у ящиках, розроблений канатний механізм [11], конструктивна схема виконання якого зображена на рис. 1.

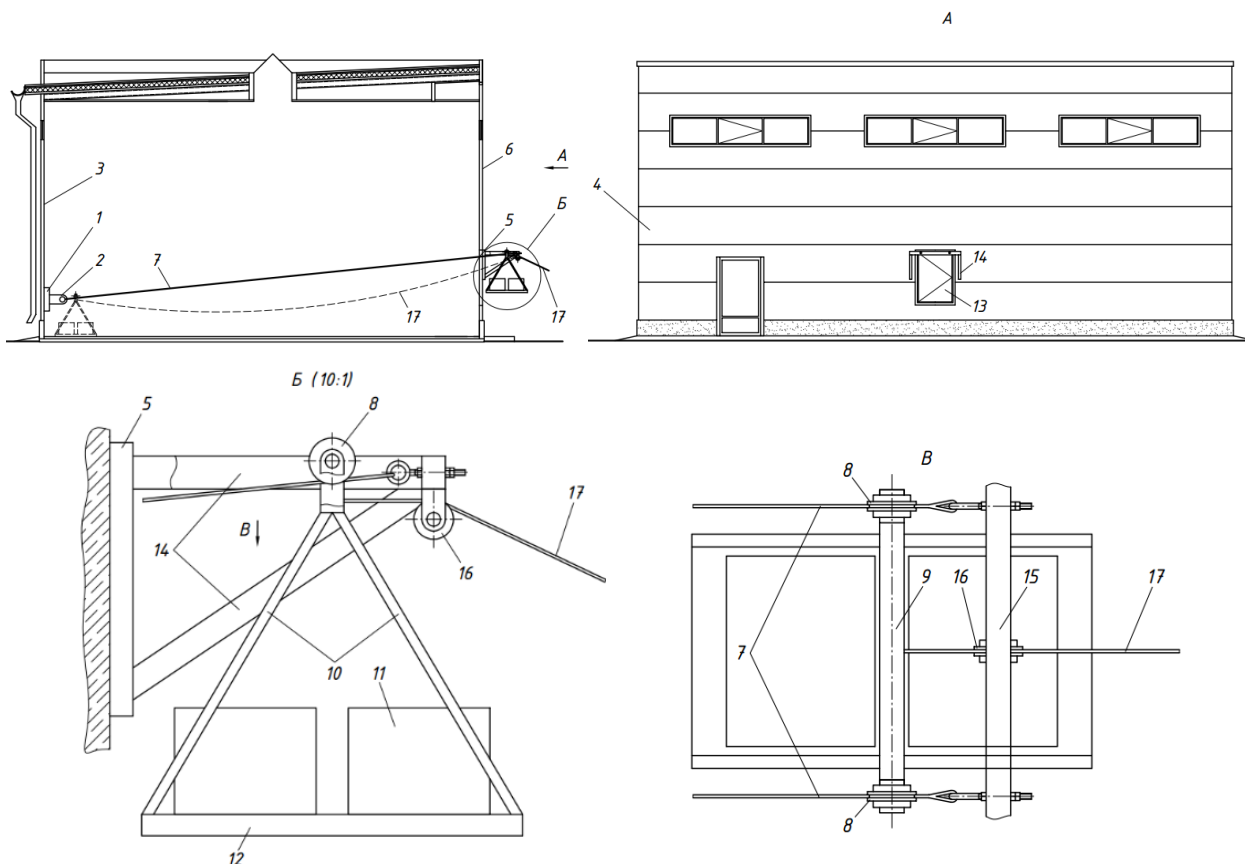


Рис. 1. Конструктивна схема канатного механізму для завантаження малого складського приміщення яблуками у тарі

Канатний механізм завантаження складського приміщення виконаний у вигляді нижньої опори 1 з механізмом натягу канатів 2, яка кріпиться до внутрішньої сторони стіни 3 складського приміщення 4. Верхня опора 5 кріпиться до протилежної зовнішньої сторони стіни 6 складського приміщення 4. Між опорами 1 і 5 паралельно натягнуто два канати 7, на яких розташовані пари роликів 8, що встановлені на осі 9. До осі 9 кріпиться рамна конструкція 10 для розміщення штучних вантажів 11 на площадці 12.

Верхня опора 5 виконана у вигляді двох паралельно розташованих відносно вікна 13 трикутноподібних ферм 14, що з'єднані між собою поперечною балкою 15, по центру якої знизу закріплені роликівий блок 16, зверху котрого встановлений канат 17, що з'єднаний з верхньою частиною рамної конструкції 10.

Загальний вигляд верхньої та нижньої опор зображено на рис. 2.



Рис. 2. Загальний вигляд верхньої (а) та нижньої (б) опор

В початковому положенні рамна конструкція з площадкою розташовується відносно зовнішньої сторони складського приміщення. Оскільки вікно розміщене достатньо високо над рівнем асфальтного покриття, то до нього може під'їхати трактор з причепом, в якому розташовані ящики з яблуками. Далі оператор завантажує ящики на площадку і плавно, через вікно, штовхає рамну конструкцію з площадкою в середину складського приміщення.

За рахунок перепаду висот між опорами, під дією сили земного тяжіння рамна конструкція з площадкою, на якій розташовані штучні вантажі за допомогою роликів, які обертаються відносно пари канатів, переміщуються до нижньої опори.

Оператор за допомогою канату регулює швидкість переміщення вантажу. При досягненні вантажів нижньої опори, їх знімають з площадки, зважують і складують, а оператор за допомогою канату повертає рамну конструкцію в початкове положення, де завантажується наступна партія ящиків з яблуками.

Розташування механізму канатів біля нижньої опори забезпечує необхідний натяг канатів для зменшення величини їх провисання при переміщенні площадки з вантажами.

Застосування паралельно натягнутих двох канатів суттєво зменшує поперечні коливання вантажів при їх завантаженні в складське приміщення.

З метою уникнення коливань рамної конструкції 10 відносно пари роликів 8, для значних трас транспортування, до похилих боковин рамної конструкції ззовні приварені кронштейни 18, в яких шарнірно закріплені важелі 19. З протилежної сторони важелів шарнірно встановлені натяжні ролики 20, які взаємодіють з нижньою поверхнею канатів 7 [12]. Вище, відносно кронштейнів 18, до похилих боковин приварені плоскі пластини 21 з набором отворів. Зі сторони похилих боковин на важелях закріплені кронштейни 22, в отворах яких кріпляться пружини розтягу 23, котрі, з іншого боку, закріплені в одному з отворів плоских пластин 21.

Шляхом переставляння пружин в отворах пластин 21 можна забезпечити регулювання зусилля натягу пружин і тим самим силу підтискання роликівими 20 внутрішньої поверхні канатів.

Для великих площ складських приміщень, які виконані секційними, рекомендується застосовувати допоміжні пристрої для регулювання висоти положення проміжної зони канатів [13]. Це дозволяє транспортувати штучні вантажі у різні секції складських приміщень без додаткових транспортних перевезень при різних кутах нахилу канатів до горизонту (рис.4).

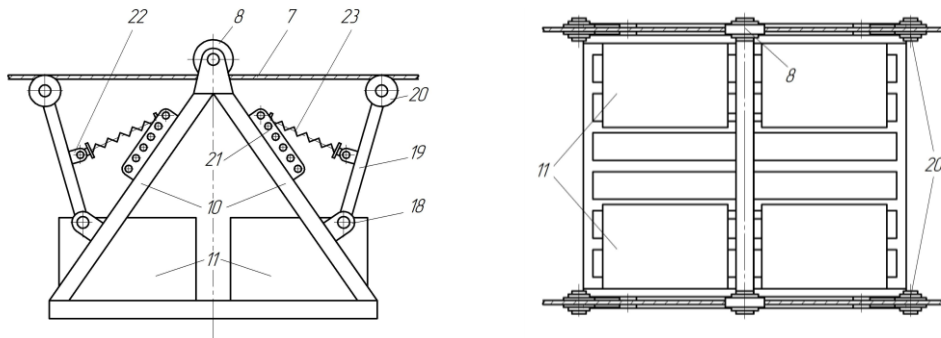


Рис. 3. Модернізована система рамної конструкції для розміщення штучних вантажів

Для цього регульована П-подібна опора 24, яка кріпиться до проміжної стіни 25 може, у зміщуватись вертикальному напрямку над прохідним отвором 26, тим самим змінюючи кут нахилу канатів до горизонту. Це дозволить завантажувати вантажі у першу секцію приміщення.

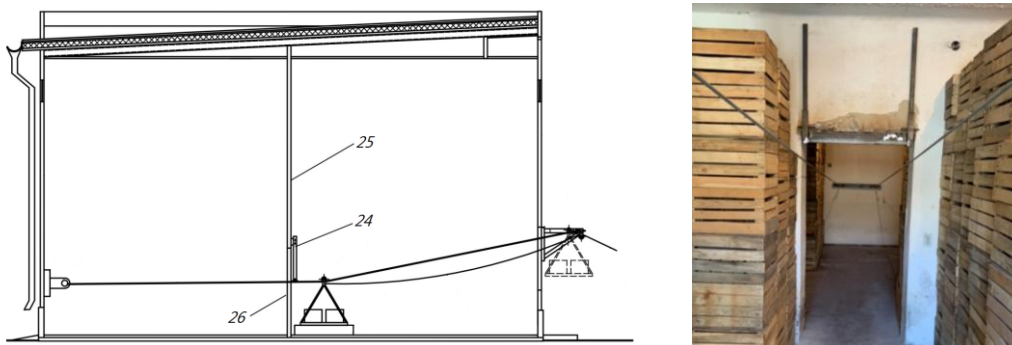


Рис. 4. Модернізована система рамної конструкції для розміщення штучних вантажів

Методика проведення експериментальних досліджень полягає в наступному. В зоні нижньої опори між тросами та механізмами їх натягу встановлюють динамометри і здійснюють послідовне натягування тросів, забезпечуючи їх однакову силу натягу.

Далі троси, дискретно навантажують рамною конструкцією із збільшенням маси вантажу послідовно у різних точках, починаючи з верхньої опори. Навантаження здійснюється до максимальної величини, яку забезпечує переміщення канатний механізм. При цьому, величина провисання тросів фіксується для кожного значення навантаження.

Аналогічні дослідження проводять при дискретному збільшенні сили натягу канатів, яка фіксується динамометрами. В залежності від сили натягу тросів та швидкості переміщення вантажу, відбуваються коливання рамної конструкції відносно пари роликів. Для визначення амплітуди коливань рамної конструкції, згідно методики досліджень, передбачається застосування швидкісної кінозйомки з подальшою розкадровкою. Час між кадрами повинен вибиратись з умови фіксації максимально точного встановлення відхилення рамної конструкції відносно пари роликів 8 в різних зонах її переміщення.

Отримані значення величини амплітуди коливань заносять в таблиці, де змінними факторами є довжина транспортування, кут нахилу тросів до горизонту, зусилля натягу тросів та швидкість переміщення вантажу. Далі проводиться статистична обробка отриманих даних з побудовою відповідних рівнянь регресії та поверхонь відгуку, що дозволить вибрати оптимальні параметри робочих органів та режимів транспортування.

При підході рамної конструкції до нижньої опори можуть виникати різкі гальмування та ударні навантаження. Для моделювання їх впливу на термін зберігання яблук з різними травмованими зонами, запропонована методика, згідно якої яблука різних сортів та маси кидають з різної висоти h на поверхні, що відповідають матеріалам з яких виготовлені тарні ящики (наприклад дерево, пластмаса). Швидкість ударної взаємодії V визначається згідно відомої формули $V = (2gh)^{0.5}$, де g – прискорення земного тяжіння.

В подальшому яблука окремо зберігаються в складському приміщенні при встановленій охолоджувальній температурі повітря. Термін та пляма гниття яблук визначаються шляхом

періодичних спостережень, на основі яких встановлюється критична швидкість ударної взаємодії їх з відповідною поверхнею.

Висновки. В статті наведено конструктивно-технологічні схеми запатентованих технічних рішень канатних механізмів для завантаження малих складських приміщень яблуками у тарі, а також окремих його вузлів.

Наведена методика визначення величини провисання тросів при різних навантаженнях у вертикальному напрямку та зусиллях їх натягу. Запропоновано методики встановлення амплітуди коливань вантажів при їх транспортуванні відносно пари несучих роликів. В залежності від швидкості ударної взаємодії яблук різної маси та сортів з різними поверхнями наведено спосіб визначення термінів локальних зон їх гниття при зберіганні в різних температурних режимах.

Список використаних джерел:

1. Гевко Р.Б. Підвищення технічного рівня гнучких гвинтових конвеєрів: монографія / Гевко Р.Б., Вітровий А.О., Пік А.І.- Тернопіль: Астон, 2012. – 204 с.
2. Гевко Р.Б. Підвищення технологічного рівня процесів завантаження та перевантаження матеріалів у гвинтових конвеєрах / Р.Б. Гевко, Р.М. Рогатинський, Р.І. Розум, М.Б. Клендій та ін. – Тернопіль: Осадца Ю.В., 2018. – 180 с.
3. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчёт подъёмно-транспортных машин. – К.: Вища школа. – 1988. – 426 с.
4. Ляшук О.Л. Коливання канатів гнучких конвеєрів для транспортування насипних вантажів / О.Л. Ляшук // Збірник науково-технічних праць. Національний лісотехнічний університет України. Випуск 20.9 «Науковий вісник НЛТУ України». – Львів, 2010. – С. 84-88.
5. Ляшук О.Л. Теоретичне дослідження підвісних механізмів піднімально-транспортних лебідок / О.Л. Ляшук, О.А. Колесник, С.Л. Мельничук // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2016. – Вип. 53. – С. 97-102.
6. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотранспортних установок / М.П. Мартинців. – Київ: Ясіна, 1996. – 175 с.
7. Мартинців М.П. Теоретичні основи розробки несучих і тягових канатних систем: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.02.02 «Машинознавство» / М.П. Мартинців. – Львів, 2011. – 22 с.
8. Мельничук С.Л. Обґрунтування параметрів лебідки переносної з підвищеною навантажувальною здатністю / С.Л. Мельничук, О.Л. Колесник // Всеукраїнський науково-технічний журнал «техніка, енергетика, транспорт АПК». – Вінниця, 2016. – № 1(93). – С. 10-13.
9. Мельничук С.Л. Установка для дослідження силових і конструктивних параметрів канатних механізмів / С.Л. Мельничук, В.М. Клендій // Збірник наукових статей «Сільськогосподарські машини» Луцького національного технічного університету. – Луцьк, 2015. – Вип. 34. С. 59-66.
10. Гевко Р.Б. Динамічний розрахунок запобіжного пристрою шнекового транспортера / Р.Б. Гевко, Ю.Б. Гладь, М.І. Шинкарик, О.М. Клендій // Вісник інженерної академії України. – К., 2014. – № 2. – С. 163–168.
11. Рогатинський Р.М. Канатний механізм завантаження складського приміщення. Патент України на корисну модель №125377 МПК В 65 G 7/08, 25/00 / Р.М. Рогатинський, Ю.С. Никеруй, Р.Б. Гевко, І.Г. Ткаченко. Заявка № u201711503. Заявл. 24.11.2017. Опубл. 10.05.2018. Бюл.№ 9.
12. Никеруй Ю.С. Канатний механізм для завантаження складського приміщення. Патент України на корисну модель №130576 МПК В 65 G 7/00 / Ю.С. Никеруй, Р.Б. Гевко, І.Г. Ткаченко, Б.В.Погрішук, Н.В.Добіжа. Заявка № u201807507. Заявл. 04.07.2018. Опубл. 10.12.2018. Бюл.№ 23.
13. Гевко Р.Б. Канатний механізм завантаження секційного складського приміщення. Патент України на корисну модель №133964 МПК В 65 G 7/08, 25/00 / Р.Б. Гевко, Ю.С. Никеруй, І.Г. Ткаченко, О.Л. Ляшук, Б.В. Погрішук. Заявка № u201811869. Заявл. 30.11.2018. Опубл. 25.04.2019. Бюл.№ 8.

Стаття надійшла до редакції 12.09.2019

УДК: 621.86 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.6

В.З. Гудь, А.І. Пік, М.Г. Левкович, В.В. Гупка

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЕЛИЧИНИ КРУТНОГО МОМЕНТУ ПРИ ПЕРЕВАНТАЖЕННІ ТЕЛЕСКОПІЧНИМ ГВИНТОВИМ ТРАНСПОРТЕРОМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ

Розроблено експериментальне обладнання для проведення досліджень телескопічних гвинтових транспортерів, з допомогою якого проведено дослідження даного конвеєра згідно розроблених методик. В результаті проведених досліджень було встановлено, що найбільшою проблемою в телескопічних гвинтових транспортерах є збереження однакового зазору між кожухом та спіраллю в різних секціях телескопа. Для визначення впливу конструктивних і кінематичних параметрів телескопічного гвинтового транспортера на крутний момент приводу шнека під час транспортування кукурудзи, пшениці та комбікорму проведено повнофакторні експерименти. Було визначено величину крутного моменту на приводі шнека телескопічного гвинтового транспортера від зміни трьох основних факторів: частоти обертання шнека, довжини видовження шнека та кута нахилу транспортера. Виведено рівняння регресії крутного моменту залежно від зміни частоти обертання шнека, довжини видовження шнека, кута нахилу транспортера. Результати експериментальних досліджень величини крутного моменту при перевантаженні телескопічним гвинтовим транспортером показали, що основними факторами, які впливають на збільшення крутного моменту на приводі, є частота обертання шнека і довжина його видовження, а також комбінація цих факторів.

Ключові слова: експеримент, телескопічний, транспортер, гвинтовий конвеєр, транспортування, механізм, рівняння, обертання, матеріал

В.З. Гудь, А.И. Пик, М.Г. Левкович, В.В. Гупка

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕЛИЧИНЫ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИМ ВИНТОВЫМ ТРАНСПОРТЕРОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ

Разработано экспериментальное оборудование для проведения исследований телескопических винтовых транспортеров, с помощью которого проведено исследование данного конвейера согласно разработанных методик. В результате проведенных исследований было установлено, что самой большой проблемой в телескопических винтовых транспортерах является сохранение одинакового зазора между кожухом и спиралью в различных секциях телескопа. Для определения влияния конструктивных и кинематических параметров телескопического винтового транспортера на крутящий момент привода шнека при транспортировке кукурузы, пшеницы и комбикорма проведения полнофакторные эксперименты. Было определено величину крутящего момента на приводе шнека телескопического винтового транспортера от изменения трех основных факторов: частоты вращения шнека, длины удлинения шнека и угла наклона транспортера. Выведено уравнение регрессии крутящего момента в зависимости от изменения частоты вращения шнека, длины удлинения шнека, угла наклона транспортера. Результаты экспериментальных исследований величины крутящего момента при перегрузке телескопическим винтовым транспортером показали, что основными факторами, влияющими на увеличение крутящего момента на приводе, есть частота вращения шнека и длина его удлинения, а также комбинация этих факторов.

Ключевые слова: эксперимент, телескопический, транспортер, винтовой конвейер, транспортировка, механизм, уравнения, вращения, материал.

V. Hud, A. Pik, M. Levkovich, V. Gupka

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE TORQUE SIZE WHEN THE TELESCOPIC SCREW TRUCK IS TRACKED

Experimental equipment for carrying out researches of telescopic screw conveyors was developed. Studies have shown that the biggest problem in telescopic screw conveyors is to maintain the same clearance between the casing and the spiral in different sections of the telescope, which significantly affects the time of rolling and rolling the axially moving part of the auger fixed. It has also been found that the overload performance of agricultural goods by telescopic screw conveyor does not differ from the overload performance of these materials by traditional screw conveyors. To determine the effect of structural and kinematic parameters of the telescopic screw conveyor on the torque of the auger drive during transportation of corn, wheat and mixed feed, full-factorial experiments were performed. The magnitude of the torque on the drive of the screw of the telescopic screw conveyor was determined from the change of three main factors: the speed of the screw, the length of the auger and the angle of the conveyor. The equation of torque regression is deduced depending on the change in the speed of the screw, the length of the elongation of the screw, the angle of inclination of the conveyor. The results of experimental studies of torque overload with a telescopic screw conveyor showed that the main factors that influence the increase in torque on the actuator are the speed of the auger and its length, as well as a combination of these factors.

Keywords: experiment, telescopic, conveyor, screw conveyor, transportation, mechanism, equation, rotation, material.

Постановка проблеми. Гвинтові транспортно-технологічні системи використовуються у різних галузях народного господарства для транспортування, змішування і необхідного

перетворення сільськогосподарських, будівельних матеріалів, харчових та фармацевтичних продуктів, металевої стружки тощо. Особливо широко їх використовують у якості елементів сільськогосподарських машин і механізмів при перевантаженні сільськогосподарських вантажів в польових умовах. Проте ці транспортери у складі універсальних агрегатів для завантаження сівалок, бункерах-перевантажувачах та зернозбиральних комбайнах виконуються, як правило складними і передбачають розкладення-складення з допомогою гідро- чи пневмо- устаткування, що робить їх конструкції надто складними і дорогими.

Тому з метою здешевлення та спрощення конструкцій, а також забезпечення необхідної траєкторії перевантаження матеріалу гвинтовими транспортерами актуальним є питання пошуку прогресивних конструкцій гвинтових конвеєрів із специфічними характеристиками. До таких механізмів належать телескопічні гвинтові транспортери, які забезпечують перевантаження матеріалу на необхідну відстань при здешевленні та спрощенні конструкції, у порівнянні з існуючими аналогами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробленню конструкцій стендового обладнання для дослідження різноманітних гвинтових транспортерів і їх дослідженню присвячені праці Турпаєва А.І. [1], Сисоліна В.П. [2], Григор'єва А.М. [3], Гевка Б.М. [4], Рогатинського Р.М. [5], Гевка І.Б., Ляшука О.Л. [6, 7], та інших. Проте цілий ряд питань, які стосуються дослідження їх характеристик, таких як продуктивності та питомих енерговитрат в залежності від різних параметрів, потребують свого подальшого вивчення особливо для новостворених конструктивних рішень.

Постановка завдань. В роботі поставлено мету –експериментальне дослідження величини крутного моменту при перевантаженні телескопічним гвинтовим транспортером сільськогосподарських вантажів.

Викладення основного матеріалу. Досить часто для отримання значної траси перевантаження матеріалів гвинтовими конвеєрами шнекові конвеєри виконуються складним. Тому використання принципу телескопу в шнекових конвеєрах матиме широке застосування в конструкціях різноманітних машин і механізмів оснащених гвинтовими транспортерами.

Для проведення експериментальних досліджень телескопічних гвинтових транспортерів на основі проведеного патентного пошуку та аналізу наукових літературних джерел і проведеного синтезу [8] було розроблено і запатентовано ряд конструкцій гвинтових телескопічних конвеєрів, які стали основою для проектування та виготовлення дослідного стенда (рис. 1 - рис. 2).

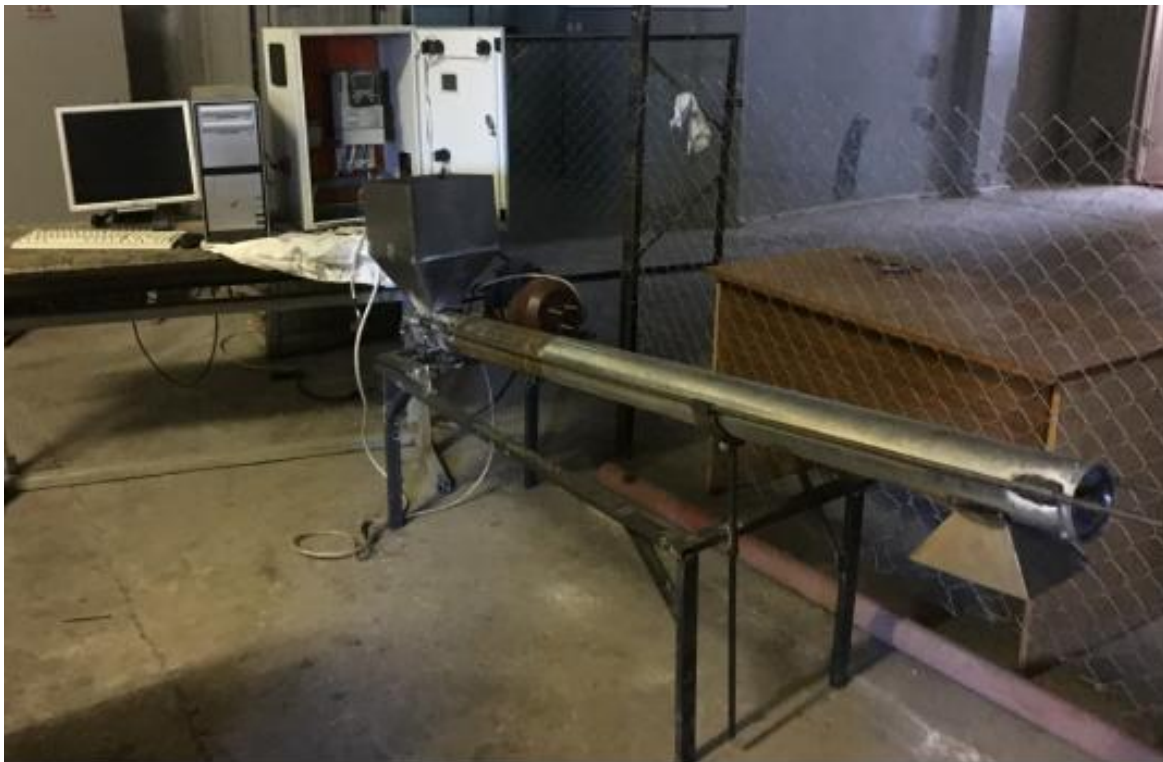


Рис. 1 Стенд для дослідження характеристик телескопічних гвинтових транспортерів

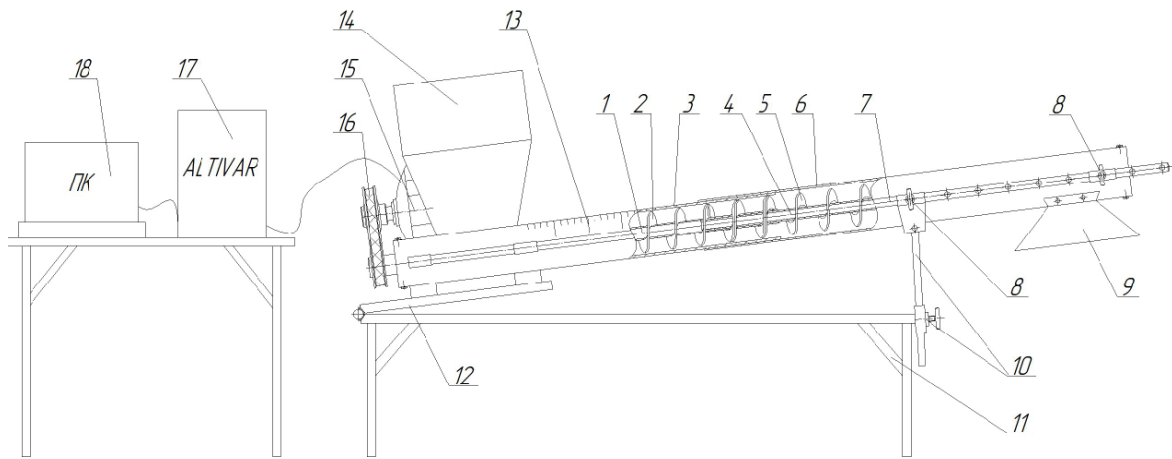


Рис.2 Конструктивна схема стелу для дослiдження характеристик телескопiчних гвинтових транспортерiв:

1 - нерухома в осьовому напрямку секція гвинта; 2 - шнек нерухомої в осьовому напрямку секції гвинта; 3 - нерухома в осьовому напрямку частина кожуха; 4 - рухома в осьовому напрямку секція гвинта; 5 - шнек рухомої в осьовому напрямку секції гвинта; 6 - рухома в осьовому напрямку частина кожуха; 7 - направляючі; 8 - фіксатори направляючих; 9 - вивантажувальний патрубок; 10 - опора регулювання висоти подачі матеріалу; 11 - рама; 12 - рухомий стіл; 13 - шкала перекирвання шнеків; 14 - бункер; 15 - електропривід транспортера; 16 - пасова передача; 17 - перетворювач частоти обертання приводу; 18 – персональний комп'ютер

При виконанні досліджень на розробленому стелді завдяки програмі Power Suite можна змінювати: плавно і різко частоту обертання шнека від 0 до 1400 об/хв.; кут нахилу телескопiчного гвинтового конвеєра відносно горизонту від 0 до 90 градусiв; забезпечувати обертання шнека в реверсному напрямі. В процесі проведення випробувань фіксація даних проводиться із наперед заданою частотою, і вони відображаються на моніторі ПК у вигляді табличних даних та графічних залежностей у процентному співвідношенні до номінальної потужності.

В дослідній установці зовнішній діаметр шнека становить 97 мм; внутрішній діаметр нерухомого патрубку - 100 мм; зовнішній - 107 мм; внутрішній діаметр рухомого патрубку - 109 мм. Рухомий патрубок виконано із оцинкованого листа, а тому він містить з'єднувальний шов і овальності та нерівності по усій довжині, що впливало на швидкість скручування і розкручування телескопiчної частини гвинтового транспортера.

З допомогою виготовленого стелу можливе дослідження: процесу викочування (вигвинчування) рухомої в осьовому напрямку частини шнека з нерухомої; процесу закручування (вгвинчування) рухомої в осьовому напрямку частини шнека на нерухому; продуктивності телескопiчного гвинтового конвеєра при транспортуванні сипких вантажів при різній частоті обертання шнека; величини крутного моменту при перевантаженні сипких вантажів при різній частоті обертання шнека; витрат потужності при транспортуванні сипких вантажів при різній частоті обертання шнека.

В процесі досліджень було встановлено, що найбільшою проблемою в телескопiчних гвинтових транспортерах є збереження однакового зазору між кожухом та спіраллю в різних секціях телескопа. Встановлено, що продуктивність перевантаження сільськогосподарських вантажів телескопiчним гвинтовим транспортером не відрізняється від продуктивності перевантаження цих матеріалів традиційними гвинтовими конвеєрами.

Для визначення впливу конструктивних і кінематичних параметрів (незалежних факторів x_i) телескопiчного гвинтового транспортера на крутний момент приводу шнека під час транспортування кукурудзи, пшениці та комбікорму (параметр оптимізації T) проведено повнофакторні експерименти, тобто визначення величини крутного моменту на приводі шнека телескопiчного гвинтового транспортера від зміни трьох основних факторів: частоти обертання шнека n , довжини видовження шнека l та кута нахилу транспортера γ , тобто $T=f(n, l, \gamma)$.

Оброблення отриманих експериментальних даних проведено з використанням загальновідомих методик регресійного аналізу. Для отримання регресійних моделей параметрів оптимізації, вибирали відповідний план повнофакторного експерименту.

Функцію відгуку, тобто крутний момент на приводі шнека $T=f(n_{ш},l,\gamma)$, визначену експериментальним шляхом, представлено у вигляді математичної моделі повного квадратичного полінома. Результати кодування факторів та рівні їх варіювання наведено у табл. 1.

Побудову даної таблиці проведено наступним чином. Вхідними змінними факторами ПФЕ 3³ прийнято:

- частота обертання шнека $n_{ш}$, яку кодували індексом x_1 ;
- довжина видовження шнека l , яку кодували індексом x_2 ;
- кут нахилу транспортера γ , який кодували індексом x_3 .

Після кодування вхідних факторів склали план-матриці повного факторного експерименту типу ПФЕ 3³ для загальної кількості дослідів $N_1 = P^k$, де P – кількість рівнів варіювання, k – кількість вхідних факторів у експерименті.

Таблиця 1

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання при дослідженні крутного моменту на приводі шнека телескопічного гвинтового транспортера

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натур.(кодовані)		
	натур.	код.				
Частота обертання шнека	$n_{ш}$, об/хв	x_1	200	700 (+1)	500 (0)	300 (-1)
Довжина видовження шнека	l , м	x_2	0,14	1,61 (+1)	1,47 (0)	1,33 (-1)
Кут нахилу транспортера	γ , град	x_3	20	45 (+1)	25 (0)	5 (-1)

Крутний момент заміряли за допомогою пристроїв і способів, описаних вище. Для кожного з незмінних факторів експеримент проводився не менше 3 разів, після чого визначалося середнє значення результату, яке використовувалося для подальшого статистичного оброблення результатів експерименту.

Виведені рівняння регресії крутного моменту залежно від зміни частоти обертання шнека $n_{ш}$, довжини видовження шнека l , кута нахилу транспортера γ , тобто $T_{(x_1,x_2,x_3)} = f(n_{ш},l,\gamma)$ за результатами проведених ПФЕ 3³ у кодованих величинах мають наступний вигляд:

- під час транспортування кукурудзи:

$$T_{(n_{ш},l,\gamma)} = -12,91 + 1,18 \cdot 10^{-2} n_{ш} + 17,83l + 3,8 \cdot 10^{-2} \gamma - 4,46 \cdot 10^{-3} n_{ш}l + 2,9 \cdot 10^{-6} n_{ш}^2 - 1,73l^2 - 4,6 \cdot 10^{-4} \gamma^2; \quad (1)$$

- під час транспортування пшениці:

$$T_{(n_{ш},l,\gamma)} = -13,59 + 1,23 \cdot 10^{-2} n_{ш} + 18,77l + 3,99 \cdot 10^{-2} \gamma - 4,68 \cdot 10^{-3} n_{ш}l + 3,05 \cdot 10^{-6} n_{ш}^2 - 1,84l^2 - 4,83 \cdot 10^{-4} \gamma^2; \quad (2)$$

- під час транспортування комбікорму:

$$T_{(n_{ш},l,\gamma)} = -11,53 + 1,05 \cdot 10^{-2} n_{ш} + 15,95l + 3,412 \cdot 10^{-2} \gamma - 4 \cdot 10^{-3} n_{ш}l + 2,63 \cdot 10^{-6} n_{ш}^2 - 1,53l^2 - 4,12 \cdot 10^{-4} \gamma^2. \quad (3)$$

Отримані рівняння регресії (1–3) можуть бути використані для визначення крутного моменту на приводі шнека телескопічного гвинтового транспортера T залежно від частоти обертання шнека $n_{ш}$, довжини видовження шнека l та кута нахилу транспортера γ для транспортування кукурудзи, ячменю та комбікорму у таких межах зміни вхідних факторів:

$$300 \leq n_{ш} \leq 700 \text{ (об/хв)}; 1,33 \leq l \leq 1,61 \text{ (м)}; 5 \leq \gamma \leq 45 \text{ (град)}.$$

За допомогою програмного забезпечення Statistica-6.0 для ПК побудували графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів крутного моменту T як функцію від двох змінних факторів $x_{i(1,2)}$ за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора $x_{i(3)} = const$.

Аналіз наведених регресійних рівнянь показує, що основними факторами, які впливають на збільшення крутного моменту на приводі є: фактори x_1 , x_2 , ($n_{ш}$, l) та комбінації цих факторів.

В загальному для зменшення крутного моменту необхідно зменшувати частоту обертання шнека та зменшувати кут нахилу транспортера.

Графічні значення результатів залежності крутного моменту, одержаного з використанням Mathcad 2000 Professional, наведено на рис. 3 і 4.

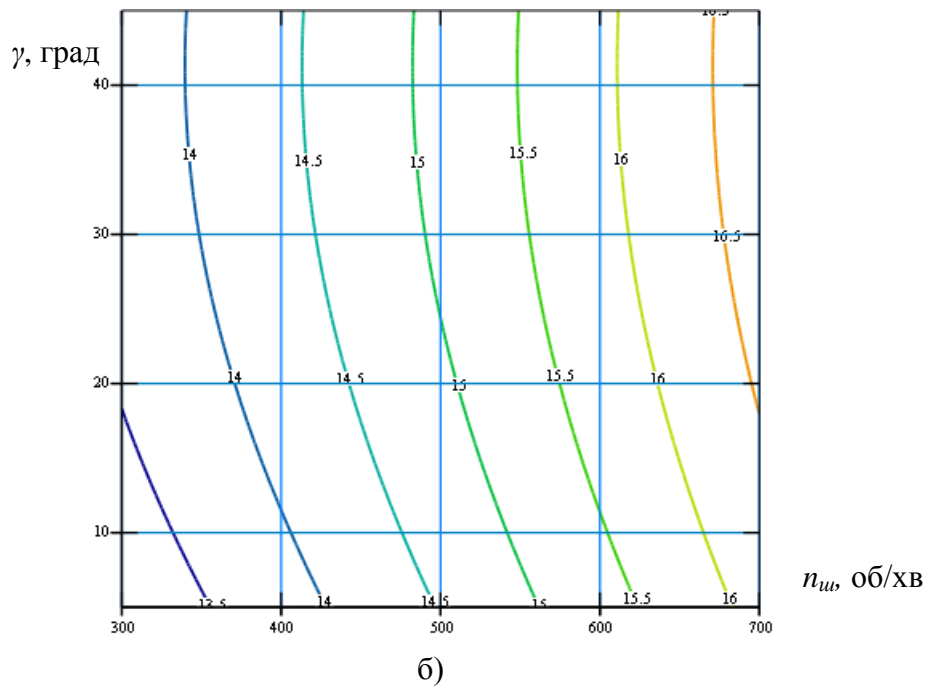
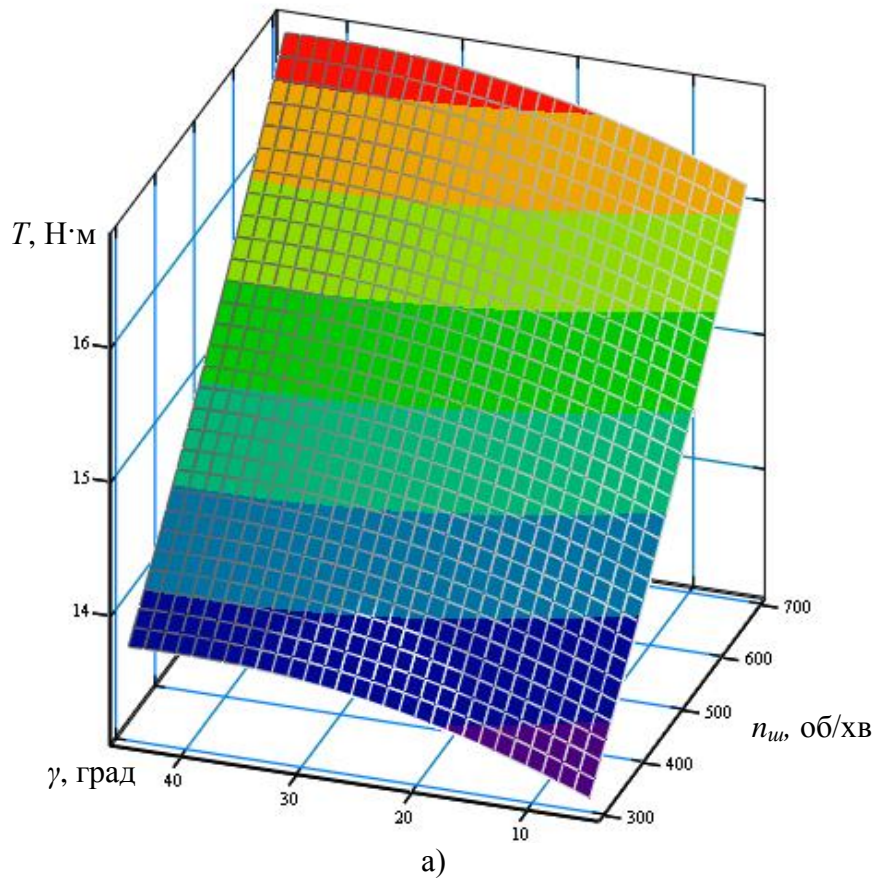


Рис. 3. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини крутного моменту від частоти обертання шнека та кута нахилу транспортера ($l=1,61$ м) під час транспортування кукурудзи

З рисунків 3 і 4 та на основі аналізу рівнянь регресії (1 - 3) видно, що із збільшенням частоти обертання шнека, довжини видовження шнека та кута нахилу гвинтового транспортера величина крутного моменту на приводі шнека зростає, при чому найбільший крутний момент 17,51 Н·м досягається під час транспортування пшениці. Максимальний крутний момент на приводі шнека телескопічного гвинтового транспортера для транспортування кукурудзи та комбікорму складає 16,75 Н·м та 15,02 Н·м відповідно, а мінімальний – 9,94 Н·м та 8,93 Н·м відповідно. Збільшення частоти обертання шнека $n_{ш}$ від 300 об/хв. до 700 об/хв. призводить до підвищення крутного моменту на приводі шнека до 35%. При цьому збільшення кута нахилу транспортера від 5 до 45 град. надає приросту крутного моменту до 4,1%, а збільшення довжини видовження шнека від 1,33 до 1,61 м призводить до зростання крутного моменту на 24,4%.

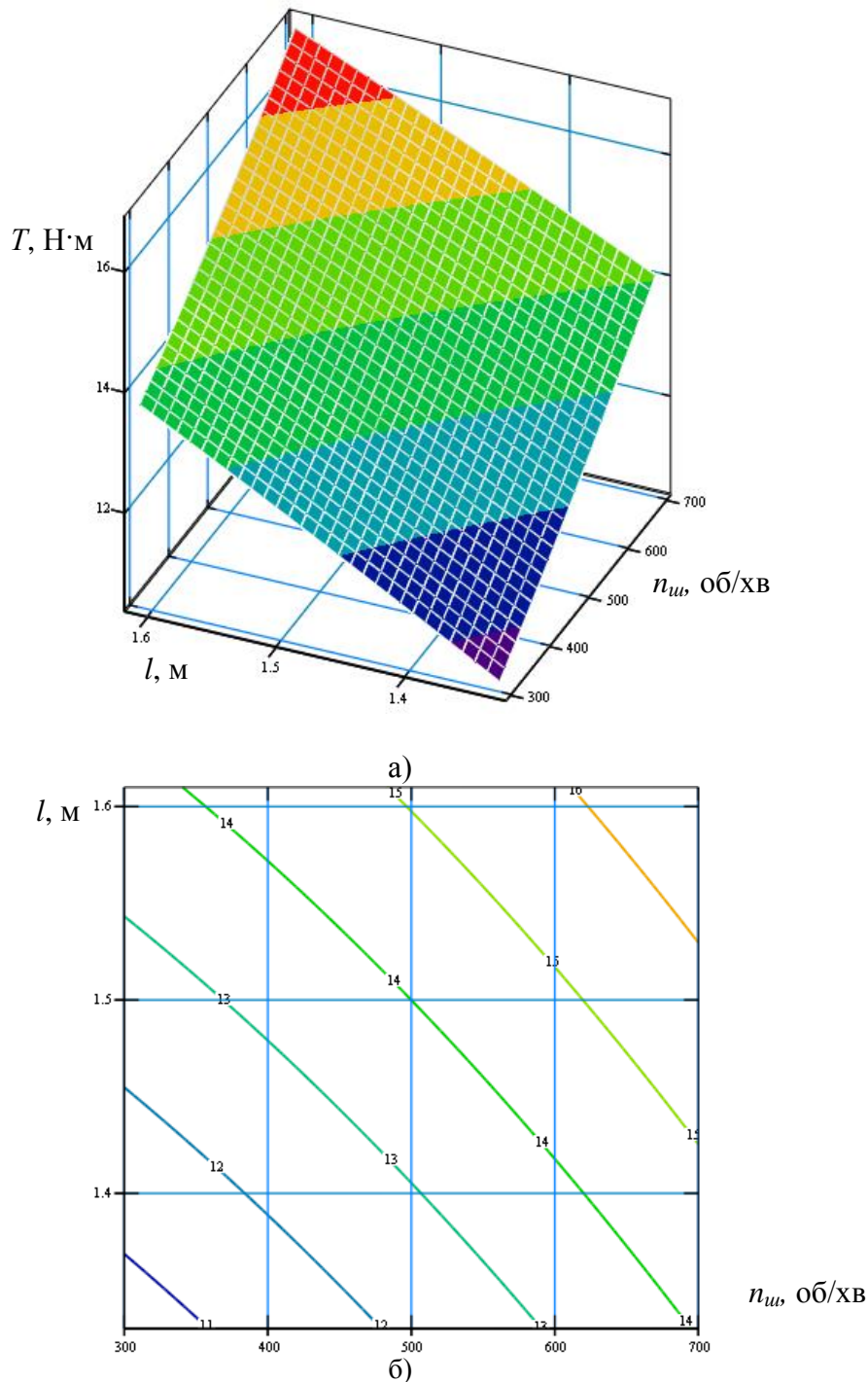


Рис.4. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини крутного моменту від частоти обертання шнека та довжини видовження шнека ($\gamma=45$ град) під час транспортування кукурудзи

Висновки.

1. В процесі досліджень було встановлено, що найбільшою проблемою в телескопічних гвинтових транспортерах є збереження однакового зазору між кожухом та спіраллю в різних секціях телескопа.

2. Встановлено, що продуктивність перевантаження сільськогосподарських вантажів телескопічним гвинтовим транспортером не відрізняється від продуктивності перевантаження цих матеріалів традиційними гвинтовими конвеєрами.

3. Виведені рівняння регресії крутного моменту залежно від зміни частоти обертання шнека, довжини видовження шнека та кута нахилу гвинтового телескопічного транспортера.

4. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що із збільшенням частоти обертання шнека, довжини видовження шнека та кута нахилу гвинтового транспортера величина крутного моменту на приводі шнека зростає, при чому найбільший крутний момент 17,51 Н·м досягається під час транспортування пшениці. Максимальний крутний момент на приводі шнека телескопічного гвинтового транспортера для транспортування кукурудзи та комбікорму складає 16,75 Н·м та 15,02 Н·м відповідно, а мінімальний – 9,94 Н·м та 8,93 Н·м відповідно. Збільшення частоти обертання шнека $n_{ш}$ від 300об/хв. до 700 об/хв. призводить до підвищення крутного моменту на приводі шнека до 35%. При цьому збільшення кута нахилу транспортера від 5 до 45 град. надає приросту крутного моменту до 4,1%, а збільшення довжини видовження шнека від 1,33 до 1,61 м призводить до зростання крутного моменту на 24,4%.

Список використаних джерел:

1. Турпаев А. И. Винтовые механизмы и передачи [Текст] / А. И. Турпаев. – М. : Машиностроение, 1982. - 223с.
2. Сисолін В. П. Сільськогосподарські машини. Теоретичні основи. Конструкція і проектування [Текст] / В. П. Сисолін – К. : Урожай, 2001. – 382с.
3. Григорев А. М. Винтовые конвейеры. [Текст] / А. М. Григорев. - М. : Машиностроение, 1972. - 184с.
4. Гевко Б. М. Механізми з гвинтовими пристроями [Текст] / Б. М. Гевко, Р. М. Рогатинський. – Львів: Світ, 1993. – 208с.
5. Рогатинський Р. М. та інші Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів. / Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Дячун А. Е., Тернопіль, 2014. – 280 с.
6. Investigation of the stability of the torsorial vibrations of a screwconveyer under the influence of pulse forces // [I.B. Nevko, A.Ye. Dyachun, V.Z. Hud, L.R. Rohatynska, V.M. Klendiy] – INMATEH – Agricultural Engineering. Polytechnic University of Bucharest, 2015, - Vol. 45, № 1, с.77-86.
7. Resonant oscillation of vertical working part of conveyer-loader / Karaganda State University Publishing house // [I. Nevko, O. Lyashuk, M. Sokil, L. Slobodian, V. Hud, Yu. Vovk] – Karaganda, 2019. - № 2 (94) – Ст. 73-81.
8. Гевко І.Б., Гудь В.З., Шуст І.М., Мельничук А.Л. Синтез телескопічних гвинтових конвеєрів. // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві» – 2016. – Випуск №168, С. 85-91.

Стаття надійшла до редакції 11.09.2019

УДК 539.3 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.7

О.Ю. Дейнека

Національний університет водного господарства та природокористування
**МІЖФАЗНИЙ РОЗРІЗ НА МЕЖІ ЗВАРЮВАННЯ ІЗОТРОПНОЇ ПЛАСТИНКИ З
КРИВОЛІНІЙНИМ ОТВОРОМ І ЗАМКНЕНОГО ПРУЖНОГО РЕБРА**

Розглянуто мішану контактну задачу для нескінченної ізотропної пластинки з криволінійним отвором, контур якого підсилений замкненим пружним ребром за наявності на межі їх зварювання симетричного міжфазного розрізу малої ширини, береги якого в процесі деформації не контактують. Пружна система пластинки, зварювальний шов і пружне ребро перебувають в умовах узагальненого плоского напруженого стану, створеного однорідним навантаженням на нескінченності. Наближений розв'язок задачі побудовано методом механічних квадратур і колокації, яким досліджено вплив форми отвору та відносної жорсткості зварювального шва на розподіл компонент напруженого стану на межі сполучення матеріалів пластинки, зварювального шва і підсилювального ребра.

Ключові слова: нескінченна ізотропна пластика, зварювальний шов, пружне ребро, міжфазний розріз, контактні зусилля, внутрішні сили, початкові параметри.

О.Ю. Дейнека

**МЕЖФАЗНИЙ РАЗРЕЗ НА ГРАНИЦЕ СВАРКИ ИЗОТРОПНОЙ ПЛАСТИНКИ С
КРИВОЛИНЕЙНЫМ ОТВЕРСТИЕМ И ЗАМКНУТОГО УПРУГОГО РЕБРА**

Рассмотрена смешанная контактная задача для бесконечной изотропной пластинки с криволинейным отверстием, контур которого усиленный замкнутым упругим ребром при наличии на границе их сварки симметричного межфазного разреза малой ширины, края, какого в процессе деформации не контактируют. Упругая система пластинки, сварочный шов и упругое ребро находятся в условиях обобщенного плоского напряженного состояния, созданного однородной нагрузкой на бесконечности. Приближенное решение задачи построено методом механических квадратур и коллокации, которым исследовано влияние формы отверстия и относительной жесткости сварочного шва на распределение компонент напряженного состояния на границе соединения материалов пластинки, сварочного шва и усиливающего ребра.

Ключевые слова: бесконечная изотропная пластика, сварочный шов, упругое ребро, межфазный разрез, контактные усилия, внутренние силы, начальные параметры.

O. Dejneka

**INTERPHASE INCISION ON THE LIMIT WELDING OF ISOTROPIC PLATE WITH
CURVILINEAR HOLE AND CLOSED ELASTIC RIB**

In a generalized plane stressed state, a mixed contact problem for an infinite isotropic plate with an curvilinear hole, whose contour is amplified by a closed elastic rib, is considered in the presence of a symmetric interfacial section of a small width at the boundary of their weld, the shores of which in the process of deformation are not in contact. By simulating the reinforcing rib with a curved rod of a stable rectangular cross-section, and a welding seam – a elastic line of constant rigidity on tension (compression), a system of singular integral differential equations was constructed to determine the contact forces on the surfaces of the separation of the plate materials, the welding seam and the reinforcing rib, as well as the internal forces factors in the seam and the rib. In order to find the initial parameters in a statically uncertain closed rib, the conditions for unambiguous displacement of the points of its axis and the angles of rotation of the cross sections are used. The approximate solution of the problem was constructed by the method of mechanical quadratures and collocation, which investigated the effect of the stiffness of the weld seam on the distribution of the components of the stressed state along the contour of the hole in the plate in the welding joint and the reinforcing rib.

Key words: infinite isotropic plate, elastic rib, welding seam, interphase incision, contact forces, internal force factors.

Постановка проблеми. Для зменшення концентрації напружень у пластинках з криволінійними отворами, їх контури підсилюють пружними ребрами сталого чи змінної жорсткості. Ці ребра складаючи, як правило, порівняно невелику частку загальної ваги конструкції, суттєво впливають на її міцність і жорсткість.

Напружено-деформований стан пластинки з отвором, підсиленим криволінійним ребром у значній мірі залежить від вибору математичної моделі підсилювального ребра та способу його сполучення з пластинкою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш поширеною на даний час є модель криволінійного стрижня сталого поперечного перерізу [1, 2], а його сполучення з пластинкою еквівалентне ідеальному механічному контакту, або здійснюється методом пресової посадки з гарантованим натягом [1, 2].

Використовуючи такий підхід, у роботах [1–3] побудовано розв'язки низки задач для нескінченної ізотропної пластинки з підсиленим криволінійним отвором, яка перебуває в умовах

узагальненого плоского напруженого стану. Досліджено випадки сполучення пластинки і ребра з гарантованим натягом і вільної посадки.

У процесі експлуатації пластинки із замкненим ребром жорсткості чи на стадії її виготовлення на межі сполучення різнорідних матеріалів можуть виникати міжфазні тріщини (розрізи нульової ширини), які викликають подальше міжфазне руйнування.

Моделюючи зварювальний шов ідеальним механічним контактом між пластинкою і підсилювальним ребром, в [4, 5] побудовано наближені розв'язки задач для нескінченної ізотропної (ортотропної) пластинок з криволінійними отворами за наявності міжфазного розрізу, береги якого в процесі деформації не контактують.

Випадок реального зварювального шва в науковій літературі не розглядався.

Пропонується чисельно-аналітичний розв'язок мішаної контактної задачі про часткове підсилення контуру криволінійного отвору в нескінченній ізотропній пластинці замкненим пружним ребром за наявності симетричної ділянки руйнування зварювального шва.

Постановка задачі. Розглянемо нескінченну ізотропну пластинку товщиною $2h$, з криволінійним отвором, обмеженим гладкою циліндричною поверхнею. Серединна площина пластинки віднесена до систем декартових (x, y) і полярних (r, δ) координат з полюсом O у центрі отвору. Полярна вісь співпадає з віссю Ox . Лінію перетину серединної площини з поверхнею отвору позначимо через Γ і будемо називати контуром отвору з радіусом кривини ρ .

Контур Γ підсилений замкненим пружним ребром у вигляді циліндричної оболонки товщиною $2h_1$ і висотою $2h_1$. Симетричне відносно серединної площини сполучення пластинки і ребра здійснюється методом зварювання. Зварювальний шов вважаємо частиною безмоментної циліндричної тонкої оболонки товщиною b_0 і висотою $2h$.

Припустимо, що зовні симетричної ділянки $[-\alpha_0^*, \alpha_0^*]$ (α_0^* – полярний кут) відбулося руйнування зварювального шва, в результаті чого виник міжфазний розріз, береги якого в процесі деформації не контактують.

Розглянута конструкція перебуває в умовах узагальненого плоского напруженого стану, викликаного рівномірно розподіленими зусиллями p і q , що діють на нескінченності в напрямках координатних осей.

Мета дослідження – побудова математичної моделі задачі та визначення компонент напруженого стану в пластинці, зварювальному шві та підсилювальному ребрі.

Основні рівняння задачі. Умовно розділимо трикомпонентну конструкцію на окремі елементи (нескінченна ізотропна пластинка з криволінійним отвором, зварювальний шов і підсилювальне ребро), замінюючи дію одного тіла на інше невідомими контактними зусиллями.

Нескінченна ізотропна пластинка перебуває в рівновазі під дією навантаження на нескінченності і нормальних T_ρ , та дотичних $S_{\rho i}$ контактних зусиль, які передаються до контуру Γ з боку зварювального шва.

Якщо контур Γ має форму комбінації кола, еліпса і правильного трикутника із закругленими кутами, то функція

$$z = x + iy = \omega(\zeta) = R_0 \left(\xi + \frac{\varepsilon_1}{\xi} + \frac{\varepsilon_2}{\xi^2} \right) \quad (1)$$

реалізує конформне відображення зовнішності S^- одиничного кола γ в площині $\xi = \tilde{\rho} e^{i\lambda}$ на область, яку займає серединна площина пластинки [3]. Тут $R_0 = 1$ – характерний розмір отвору; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – параметри, що характеризують відхилення форми контуру Γ від кола; $(\tilde{\rho}, \lambda)$ – полярні координати точок в площині ξ ; $i = \sqrt{-1}$.

Деформації контуру Γ (відносно видовження ε_λ і кут повороту нормалі V) в пластинці при заданому їй навантаженні визначаються зі співвідношень [6]

$$\varepsilon_\lambda = \frac{1}{2Eh(\alpha^2 + \beta^2)} \left[(1-\nu)(\alpha^2 + \beta^2)T_\rho(\lambda) + \right.$$

$$+ \frac{1}{\pi} \int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} [\Phi_1(\lambda, t) T_\rho(t) + \Phi_2(\lambda, t) S_{\rho\lambda}(t)] dt + \alpha(\lambda) \tilde{\varepsilon}_\lambda^0 + \beta(\lambda) \tilde{V}^0 \Big];$$

$$V = \frac{1}{2Eh(\alpha^2 + \beta^2)} \left[(1-\nu)(\alpha^2 + \beta^2) S_{\rho\lambda}(\lambda) + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{\pi} \int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} [\Phi_1(\lambda, t) S_{\rho\lambda}(t) - \Phi_2(\lambda, t) T_\rho(t)] dt + \alpha(\lambda) \tilde{V}^0 - \beta(\lambda) \tilde{\varepsilon}_\lambda^0 \right], \quad (2)$$

де E, ν – модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона матеріалу пластинки;

$$\Phi_1(\lambda, t) = -G(\lambda, t) + H(\lambda, t) \operatorname{ctg} \frac{\lambda-t}{2}; \quad \Phi_2(\lambda, t) = H(\lambda, t) + G(\lambda, t) \operatorname{ctg} \frac{\lambda-t}{2};$$

$$G(\lambda, t) = \alpha(\lambda)\alpha(t) + \beta(\lambda)\beta(t); \quad H(\lambda, t) = \alpha(\lambda)\beta(t) - \beta(\lambda)\alpha(t); \quad \alpha + i\beta = \omega'(\sigma); \quad \sigma = e^{i\lambda};$$

$$\tilde{\varepsilon}_\lambda^0 + i(\lambda) \tilde{V}^0 = 2(p-q)e^{-2i\lambda} + (p+q)[2 - \alpha(\lambda) - i\beta(\lambda)];$$

$[-\alpha_0, \alpha_0]$ – прообраз ділянки $[-\alpha_0^*, \alpha_0^*]$ при відображенні (1).

Кільцеві зусилля T_λ на контурі Γ визначаються зі співвідношення [7]

$$T_\lambda = \nu T_\rho + 2Eh\varepsilon_\lambda. \quad (3)$$

Зварювальний шов у спільній серединній площині пластинки і ребра моделюємо пружною лінією сталої жорсткості на розтяг (стиск) $E_0 F_0$ (E_0 – модуль Юнга матеріалу шва), яка на ділянці $[-\alpha_0, \alpha_0]$ співпадає з контуром Γ . Її деформація здійснюється контактними зусиллями, що передаються до неї від пластинки $(T_\rho, S_{\rho\lambda})$ і підсилювального ребра $(T_\rho^{(1)}, S_{\rho\lambda}^{(1)})$.

Напружено-деформований стан шва визначають осьова поздовжня сила $N^{(0)}$ і відносне видовження $\varepsilon_\lambda^{(0)}$, які зв'язані між собою законом Гука [8]

$$N^{(0)}(\lambda) = E_0 F_0 \varepsilon_\lambda^{(0)}(\lambda). \quad (4)$$

Диференціальні рівняння рівноваги елемента шва [8, 9]

$$T_\rho^{(1)}(\lambda) = T_\rho(\lambda) - \frac{N^{(0)}(\lambda)}{\rho}; \quad S_{\rho\lambda}^{(1)}(\lambda) = S_{\rho\lambda}(\lambda) + \frac{dN^{(0)}(\lambda)}{|\omega'(\sigma)| d\lambda} \quad (5)$$

дозволяють силову умови його рівноваги як жорсткого цілого

$$\int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} [(T_\rho(t) - T_\rho^{(1)}(t)) + i(S_{\rho\lambda}(t) - S_{\rho\lambda}^{(1)}(t))] \omega'(e^{it}) e^{it} dt = 0$$

перетворити до вигляду

$$N^{(0)}(-\alpha_0) = N^{(0)}(\alpha_0) = 0. \quad (6)$$

Підсилювальне ребро перебуває у рівновазі під дією контактних зусиль $T_\rho^{(1)}, S_{\rho\lambda}^{(1)}$, які передаються до зовнішньої бічної поверхні від зварювального шва. Його моделюємо замкненим криволінійним стрижнем сталого прямокутного поперечного перерізу $2h_1 \times 2\eta_1$.

Компоненти напруженого стану такого стрижня подамо у вигляді

$$N = -N_0 \cos \theta + \tilde{N}; \quad Q = -N_0 \sin \theta + \tilde{Q}; \quad L_b = L_b^0 + [x - x_0 - \eta_1(1 + \cos \theta)] N_0 + \tilde{L}_b, \quad (7)$$

де N, Q, L_b – поздовжня і поперечна сили та згинальний момент, що виникають у поперечних перерізах стрижня і віднесені до його осі; $N_0, Q_0 = 0, L_b^0$ – аналогічні величини в умовному поперечному перерізі стрижня площиною $\theta = -\pi$; $\tilde{N}, \tilde{Q}, \tilde{L}_b$ – відповідні складові компонент (7),

викликані контактними зусиллями; θ – кут нахилу нормалі в точці (x, y) контуру Γ до осі Ox ; $x_0 = x(-\pi)$; $e^{i\theta} = \sigma \omega'(\sigma) / |\omega'(\sigma)|$.

Основні рівняння одновимірної теорії криволінійних стрижнів, які побудовані з урахуванням гіпотези плоских перерізів, запишемо так [5, 10]:

– диференціальні рівняння рівноваги елемента стрижня

$$T_\rho^{(1)}(\lambda) = T_\rho(\lambda) - \frac{N^{(0)}(\lambda)}{\rho} = \frac{\tilde{N}(\lambda)}{\rho} - \frac{d\tilde{Q}(\lambda)}{|\omega'(\sigma)| d\lambda}; \quad \tilde{L}_b(\lambda) - \eta_1 \tilde{N}(\lambda) - \int_{-\alpha_0}^{\lambda} \tilde{Q}(\lambda) |\omega'(\sigma)| d\lambda = 0;$$

$$S_{\rho\lambda}^{(1)}(\lambda) = S_{\rho\lambda}(\lambda) + \frac{dN^{(0)}(\lambda)}{|\omega'(\sigma)| d\lambda} = -\frac{\tilde{Q}(\lambda)}{\rho} - \frac{d\tilde{N}(\lambda)}{|\omega'(\sigma)| d\lambda}; \quad (8)$$

– фізичні залежності для зовнішнього поздовжнього волокна стрижня, що контактує зі зварювальним швом

$$\varepsilon_\lambda^{(c)} = \frac{1}{E_1 F_1} \left[N(\lambda) + \frac{\eta_1 + \eta_c}{\rho} \cdot \frac{\rho - \eta_1}{\omega_0} L_b(\lambda) \right]; \quad \frac{d\theta_b}{d\theta} = \frac{1}{E_1 F_1} \left[N(\lambda) + \frac{\rho - \eta_1}{\omega_0} L_b(\lambda) \right]. \quad (9)$$

Тут $\varepsilon_\lambda^{(c)}$, θ_b – відносне видовження волокна і кут повороту нормалі до нього; η_c – відстань від осі стрижня до нейтрального для чистого згину поздовжнього волокна; $\omega_0 = (\rho - \eta_1)\eta_c$; E_1, ν_1 – модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона матеріалу стрижня; $E_1 F_1$ – жорсткість стрижня на розтяг (стиск).

Умови рівноваги підсилювального ребра як жорсткого цілого

$$\int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} (T_\rho^{(1)}(\lambda) + i S_{\rho\lambda}^{(1)}(\lambda)) e^{i\lambda} \omega'(\sigma) d\lambda = 0; \quad \tilde{L}_b(\alpha_0) - \eta_1 \tilde{N}(\alpha_0) - \int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} \tilde{Q}(\lambda) |\omega'(\sigma)| d\lambda = 0$$

з урахуванням (5), (6), (8) можна перетворити до вигляду

$$\tilde{N}(\pm\alpha_0) = \tilde{Q}(\pm\alpha_0) = \tilde{L}_b(\pm\alpha_0) = 0. \quad (10)$$

Початкові параметри N_0 , L_b^0 визначаються з умов однозначності зміщень точок осі ребра і кутів повороту його поперечних перерізів [5]

$$\int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} \left[(\rho \cos \theta - x) \frac{\tilde{N}(\lambda)}{\rho} + \left(1 - \frac{\eta_1}{\rho} \right) \left((\eta_1 + \eta_c) \cos \theta - x \right) \frac{\tilde{L}_b(\lambda)}{\omega_0} \right] |\omega'(\sigma)| d\lambda +$$

$$+ \frac{L_b^0}{\omega_0} \int_{-\pi}^{\pi} \left(1 - \frac{\eta_1}{\rho} \right) \left((\eta_1 + \eta_c) \cos \theta - x \right) |\omega'(\sigma)| d\lambda + N_0 \int_{-\pi}^{\pi} \left(x - \rho \cos \theta \right) \frac{\cos \theta}{\rho} +$$

$$+ \left(1 - \frac{\eta_1}{\rho} \right) \frac{((\eta_1 + \eta_c) \cos \theta - x)(x - x_0 - \eta_1(\cos \theta + 1))}{\omega_0} \right] |\omega'(\sigma)| d\lambda = 0;$$

$$\int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} \left[\frac{\tilde{N}(\lambda)}{\rho} + \left(1 - \frac{\eta_1}{\rho} \right) \frac{\tilde{L}_b(\lambda)}{\omega_0} \right] |\omega'(\sigma)| d\lambda + \frac{L_b^0}{\omega_0} \int_{-\pi}^{\pi} \left(1 - \frac{\eta_1}{\rho} \right) |\omega'(\sigma)| d\lambda +$$

$$+ \frac{N_0}{\omega_0} \int_{-\pi}^{\pi} \left(1 - \frac{\eta_1}{\rho} \right) [x - (\eta_1 + \eta_c) \cos \theta - x_0 - \eta_1] |\omega'(\sigma)| d\lambda = 0. \quad (11)$$

Математична модель задачі. Крайові умови задачі формулюємо у вигляді умов сумісного деформування пластинки, зварювального шва і підсилювального ребра

$$\varepsilon_\lambda(\lambda) = \varepsilon_\lambda^{(0)}(\lambda) = \varepsilon_\lambda^{(c)}(\lambda); \quad V(\lambda) = \theta_b(\lambda), \quad \lambda \in [-\alpha_0; \alpha]. \quad (12)$$

Підставляючи в ці умови залежності (2), (4), (9), одержимо після певних перетворень систему сингулярних інтегральних рівнянь для визначення контактних зусиль T_ρ , $S_{\rho\lambda}$ і функцій $N^{(0)}$, \tilde{N} , \tilde{Q} , \tilde{L}_b

$$\begin{aligned}
 & (1-\nu)(\alpha^2 + \beta^2)T_\rho(\lambda) + \frac{1}{\pi} \int_{-\alpha_0}^{\alpha} [\Phi_1(\lambda, t)T_\rho(\lambda) + \Phi_2(\lambda, t)S_{\rho\lambda}(\lambda)]dt + \alpha\tilde{\varepsilon}_\lambda^0 + \beta\tilde{V}^0 = \delta(\lambda)N^{(0)}(\lambda); \\
 & (1-\nu)(\alpha^2 + \beta^2)S_{\rho\lambda}(\lambda) + \frac{1}{\pi} \int_{-\alpha_0}^{\alpha} [\Phi_1(\lambda, t)S_{\rho\lambda}(\lambda) - \Phi_2(\lambda, t)T_\rho(\lambda)]dt + \alpha\tilde{V}^0 - \beta\tilde{\varepsilon}_\lambda^0 = \\
 & = \delta(\lambda) \frac{E_0F_0}{E_1F_1} \int_0^\lambda \left[-N_0 \cos \theta + \tilde{N} + \frac{\rho - \eta_1}{\omega_0} (L_b^0 + (x - x_0 - \eta_1(1 + \cos \theta))N_0 + \tilde{L}_b) \right] |\omega'(\sigma)| d\lambda; \\
 & \frac{E_1F_1}{E_0F_0} N^{(0)}(\lambda) = -N_0 \cos \theta + \tilde{N} + \frac{\eta_1 + \eta_c}{\rho} \cdot \frac{\rho - \eta_1}{\omega_0} (L_b^0 + (x - x_0 - \eta_1(1 + \cos \theta))N_0 + \tilde{L}_b), \quad (13) \\
 & \lambda \in [-\alpha_0; \alpha_0],
 \end{aligned}$$

де $\delta(\lambda) = 2Eh(\alpha^2 + \beta^2)/(E_0F_0)$.

Цю систему доповнюємо рівняннями (8) та умовами (11).

Співвідношення (8), (11), (13) утворюють повну систему рівнянь для визначення функцій $T_\rho, S_{\rho\lambda}, N^{(0)}, \tilde{N}, \tilde{Q}, \tilde{L}_b$, сталих N_0, L_b^0 і складають математичну модель поставленої задачі.

Якщо шукані функції і стали стануть відомі, то кільцеві зусилля T_λ на Γ можна визначити за формулою (3), внутрішні сили і моменти в підсиленні – зі співвідношень (7), а величини $T_\rho^{(1)}, S_{\rho\lambda}^{(1)}$ – на підставі залежностей (5).

Нормальні напруження в зовнішньому і внутрішньому поздовжніх волокнах ребра визначаються за формулами [10]

$$\sigma^{(1)} = \frac{1}{F_1} \left[N + \frac{\eta_1 + \eta_c}{\rho} \cdot \frac{\rho - \eta_1}{\omega_0} L_b \right]; \quad \sigma^{(2)} = \frac{1}{F_1} \left[N + \frac{\eta_c - \eta_1}{\rho - 2\eta_1} \cdot \frac{\rho - \eta_1}{\omega_0} L_b \right]. \quad (14)$$

При $E_0F_0 = 0$ система (8), (11), (13) визначає математичну модель задачі для випадку, коли зварювальний шов замінюється ідеальним механічним контактом між пластинкою і підсилювальним ребром [4], а при $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0$ – відповідну модель для пластинки з круговим отвором [4].

Наближений розв’язок задачі. Точний розв’язок системи (8), (11), (13) знайти не вдасться. Для її наближеного розв’язання необхідно встановити структуру шуканих функцій на кінцях ділянки сполучення пластинки ребра.

На підставі співвідношень (6) і (10) робимо висновок, що функції $N^{(0)}, \tilde{N}, \tilde{Q}$ і \tilde{L}_b обмежені і неперервні на проміжку $[-\alpha_0; \alpha_0]$, а на його кінцях дорівнюють нулю.

Контактні зусилля $T_\rho, S_{\rho\lambda}$ на кінцях $\lambda = \pm\alpha_0$ мають кореневу особливість з локальною осциляцією [11]. Нехтуючи її впливом, наближений розв’язок задачі можна побудувати методом механічних квадратур і колокації. Квадратурні формули цього методу для сингулярних і регулярних інтегралів наведені в [8].

Аналіз числових результатів. Для ізотропної пластинки з криволінійним ($\varepsilon_1 = 0.1; \varepsilon_2 = -0.1$) отвором і пружного ребра з параметрами:

$$h_1/h = 4/3; \quad \eta_1/R_0 = 0.1; \quad E/E_1 = 0.5; \quad \alpha_0 = 2\pi/3$$

досліджено вплив відносної жорсткості зварювального шва на розподіл компонент напруженого стану в пластинці зварювальному шві і підсилювальному ребрі.

Результати числового розрахунку величин $T_\rho, S_{\rho\lambda}, T_\lambda$ на контурі Γ в пластинці; $\sigma^{(1)}, \sigma^{(2)}$ в підсилювальному ребрі; $N^{(0)}$ в зварювальному шві при $p=0, q=1$ наведені в таблиці 1, а при $p=1, q=0$ – в таблиці 2. В дужках наведено значення λ (град), для яких обчислені відповідні величини.

Таблиця 1.

Максимальні значення компонент напруженого стану в пластинці, підсилювальному ребрі та шві ($p=0$, $q=1$)

E_0/E_1	$T_\rho(0)$	$S_{\rho\lambda}(61)$	$T_\lambda(0)$	$T_\lambda(180)$	$F_1\sigma^{(1)}(0)$	$F_1\sigma^{(2)}(50)$	$F_0\sigma^{(0)}(0)$
0	1.0759	1.3528	3.4298	3.9849	2.0051	3.0991	0.0000
1	1.2010	1.3333	3.3797	4.0443	1.9485	3.2282	0.7307
5	1.6141	1.2646	3.1518	3.9941	1.7215	3.6016	3.2278
10	1.9893	1.2052	2.8987	3.9512	1.4855	3.9007	5.5705

Таблиця 2.

Максимальні значення компонент напруженого стану в пластинці, підсилювальному ребрі та шві ($p=1$, $q=0$)

E_0/E_1	$T_\rho(53)$	$S_{\rho\lambda}(53)$	$T_\lambda(53)$	$T_\lambda(180)$	$F_1\sigma^{(1)}(53)$	$F_1\sigma^{(2)}(90)$	$F_0\sigma^{(0)}(53)$
0	0.8289	-0.9028	2.1197	-0.8632	0.7061	1.0159	0.0000
1	0.8747	-0.9192	1.9853	-0.8700	0.6502	0.9723	0.2438
5	0.9907	-0.9714	1.6023	-0.8919	0.4925	0.8862	0.9235
10	1.0576	-1.0154	1.3142	-0.9122	0.3762	0.7916	1.4108

Висновки:

- збільшення відношення E_0/E_1 призводить до суттєвого зменшення на ділянці підсилення максимальних кільцевих зусиль, які є визначальними на контурі Γ , і збільшення нормальних зусиль. При цьому дотичні контактні зусилля та кільцеві зусилля на ділянці розрізу залишаються практично незмінними;

- при розтягу пластинки вздовж осі симетрії отвору пластинки напруження в крайніх поздовжніх волокнах підсилювального ребра зменшуються при збільшенні E_0/E_1 . Якщо пластика розтягується перпендикулярно до осі симетрії отвору, то напруження в зовнішніх волокнах зменшується, а у внутрішніх – збільшується;

- нормальні напруження в точках осі зварювального шва зростають при збільшенні E_0/E_1 ;

- за умови $E_0 < E_1$ вплив зварювального шва на напружений стан пластинки та підсилювального ребра незначний і ним можна знехтувати в інженерних розрахунках.

Список використаних джерел:

1. Мартынович Т.Л. Контактные взаимодействия пластин с упругими элементами / Т.Л. Мартынович, В.Е. Юринец. – Львов: Высшая школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1984. – 160 с.
2. Божидарнік В.В. Механіка руйнування, міцність і довговічність неперервно армованих композицій / В.В. Божидарнік, О.Є. Андрейків, Г.Т. Сулим. – Т.2. Математичні методи в задачах неперервно армованих композитів. – Луцьк: Надстир'я, 2007. – 410 с.
3. Сулим Г.Т. Основи математичної теорії термопружної рівноваги деформівних твердих тіл з тонкими включеннями / Г.Т. Сулим. – Львів: Дослідно-видавничий центр НТШ. 2007. – 716 с.
4. Сяський А.О. Міжфазна тріщина в нескінченній ізотропній пластинці з підкріпленням круговим отвором / А.О. Сяський, Н.В. Шевцова, О.Ю. Дейнека // Вісник Національного університету водного господарства і природокористування. Серія «Технічні науки». – 2017. – Вип.4 (80). – С. 168 – 176.
5. Сяський А.О. Міжфазний розріз в ортотропній пластинці з еліптичним контуром, підсиленням замкненим пружним ребром / А.О. Сяський, Н.В. Шевцова, О.Ю. Дейнека // Вісник Хмельницького національного університету. – 2019. – №1 (269). – С. 31 – 39.
6. Сяський А.О. Передача сил до криволінійного отвору нескінченної ортотропної пластинки стрижнями змінної жорсткості / А.О. Сяський, Ю.В. Батишкіна // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2004. – Т. 9, № 4.–С. 5-11.
7. Писаренко Г.С. Опір матеріалів / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Є.С. Уманський. – Київ: Вища школа, 2004. – 655с.
8. Сяський А.А. Упругое равновесие пластинки с частично подкрепленным криволинейным отверстием / А.А. Сяський // Прикладная математика и механика. – 1986. – Т. 50, № 2. – С. 247-254.

9. Пелех Б.Л. Распределение напряжений возле отверстий в податливых на сдвиг анизотропных оболочках / Б.Л. Пелех, А.А. Сяський. — Киев: Наук. думка, 1975. — 200 с.

10. Сяський А. Застосування методу сил для статичного розрахунку замкнених криволінійних стрижнів / А. Сяський, Н. Шевцова // Вісник Тернопільського національного технічного університету. — 2015. — № 3 (79). — С. 24–30.

11. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости / Н.И. Мухелишвили. — Москва: Наука, 1966. — 708 с.

Рецензенти:

Бомба А.Я., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформатики та прикладної математики Рівненського державного гуманітарного університету

Кундрат М.М., доктор технічних наук, виконав професор кафедри мостів і тунелів, опору матеріалів і будівельної механіки Національного університету водного господарства та природокористування

Стаття надійшла до редакції 25.06.2019

УДК 004:[678.027.3] DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.8

П.Ф. Зозуля, О.С. Поліщук, В.С. Неймак, А.О. Поліщук

Хмельницький національний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ У ВЗУТТЄВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Проведено аналіз сучасного стану взуттєвої промисловості та перспективи її розвитку за допомогою новітніх технологій. На основі проведеного аналізу встановлено, що виробництво виробів з пластичних мас є перспективним напрямком для виготовлення взуття. Представлено новий спосіб друку деталей полімерними гранулами та описано принцип роботи устаткування, що використовується при цьому.

Ключові слова: взуттєва промисловість, 3D-принтер, 3D-технологія, 3D-друк, полімерні матеріали.

П.Ф. Зозуля, О.С. Полищук, В.С. Неймак, А.О. Полищук

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ В ОБУВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Проведен анализ современного состояния обувной промышленности и перспективы ее развития с помощью новейших технологий. На основе проведенного анализа установлено, что производство изделий из пластических масс является перспективным направлением для изготовления обуви. Представлен новый способ печати деталей полимерными гранулами и описан принцип работы оборудования, используемого при этом.

Ключевые слова: обувная промышленность, 3D-принтер, 3D-технология, 3D-печать, полимерные материалы.

P.F. Zozulia, O.S. Polishchuk, V.S. Neimak, A.O. Polishchuk

APPLICATION OF 3D-PRINTING TECHNOLOGY IN THE FOOTWEAR INDUSTRY

This article analyzes the current state of the shoe industry and prospects for its development using the latest technologies. Areas of application of 3D-printing technology in various industries are considered and characteristic directions of its application in light industry are given, in particular in the manufacture of clothing and footwear and details in the branch of mechanical engineering. A new pellet printing method is presented and its operation is described in detail.

It is also described that the production of plastic products is a promising direction for the development of general and special purpose footwear, which gives an understanding of the development of scientific bases for its further design and will contribute to the intensive development of this trend in Ukraine, and will be important for consumers and the economy as a whole.

Keywords: shoe industry, 3D-print, 3D-technology, 3D-printing, polymeric materials.

Постановка проблеми. Сучасне взуття відрізняється складністю конструкції, наявністю великої кількості деталей та складових елементів. Подошви взуття, особливо спортивного, мають складну геометричну форму, можуть включати активні елементи у вигляді трубок, стрижнів, пластин, пружин та інших деталей, що підвищують його експлуатаційні показники. Подібні деталі призначені для поглинання ударних навантажень, що виникають під час різних фізичних вправ, бігу, стрибків, а також сприяють відштовхуванню, що дозволяє поліпшувати показники спортсменів у різних видах спорту. Вказані елементи конструктивно можуть бути виконані як єдине ціле з подошвою або ж у вигляді різного роду вставок – полімерних або металевих [1].

Крім проблем, пов'язаних з проектуванням полімерних виробів складної геометричної форми, виникають й проблеми, пов'язані з їх виробництвом. Для виготовлення складних форм деталей взуття потрібно створити нові методи для їх виробництва. Тому одним із сучасних способів виготовлення взуття є тривимірний друк.

Сьогодні використання 3D-принтерів у масовому виробництві обмежується високою вартістю обладнання та тривалістю процесу виготовлення виробу. Технологія тривимірного друку може бути з успіхом використана у виготовленні дрібносерійних та для індивідуальних виробів, тому для цього виготовлення високошвидкісної оснастки є недоцільним [2].

3D-друк все більше використовується в різних сферах нашого життя. І якщо створення макетів для архітектури, зубних протезів для стоматології або зразків для промисловості досить звичне явище, то 3D-принтери для виробництва взуття відносно новий і перспективний напрямок. Любі дослідження в цьому напрямку є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З 2003 року спостерігається значне зростання продажу 3D-принтерів. Крім того, вартість їх суттєво знизилася та розширилася область застосування. В багатьох галузях народного господарства практичне використання 3D-друку вже не викликає сумнівів. Прикладом застосування може бути: медицина, машинобудування, радіотехніка та електроніка, архітектура, автомобілебудування тощо. За допомогою 3D-принтерів можна надрукувати меблі, музичні інструменти, засоби пересування, продукти харчування, будинки і навіть живі людські органи і тканини тощо [3,4].

Проаналізувавши застосування 3D-принтерів в різних галузях промисловості можна зробити висновок, що найбільший потенціал 3D-принтери мають у виробництві промислових виробів. Тому 3D-друк має перспективи застосування і у легкій промисловості.

3D-принтери з технологією 3D-друку поступово освоюють сферу виробництва одягу та взуття. Також технологія 3D-друку дозволяє використовувати для виготовлення одного предмета виробів легкої промисловості кілька різних матеріалів. Такий підхід дозволяє вирішити проблеми, пов'язані з міцністю і еластичністю виробів, що виготовляються.

3D-технології при виробництві взуття – в останній час новини рябіють подібними заголовками, причому фігурують в них такі відомі всьому світу бренди, як Nike, Adidas, Reebok. Існує багато і інших прикладів застосування 3D-принтерів при виготовленні компонентів для одягу і взуття.

Існує багато праць присвячених технологіям 3D-друку і 3D-принтерам. З них впливає, що вихідною сировиною для виготовлення деталей та виробів є полімерні матеріали у вигляді прутка різного діаметру [5].

Постановка завдань. В роботі [4] здійснюється аналіз і систематизація сучасних технологій 3D-друку і 3D-принтерів. Розроблено узагальнену класифікацію 3D-принтерів, яка дає повне уявлення і характеристику про кожен тип, призначення тощо. Також до даної класифікації вперше внесено новий вид 3D-друку, а саме 3D-друк полімерними гранулами, який у промисловості, що стрімко розвивається, стане конкурентоспроможним на ряду з іншими видами 3D-друку і видами витратних матеріалів. Даний вид принтерів знаходиться на стадії розробки.

Однією із головних переваг такого виду принтера є можливість повторного друку деталей гранулами із відходів, які були отримані при попередньому друку. Тому можна і вже зовсім здешевити філамент, використовуючи вторинну сировину. Так, із вторинної сировини малореально отримати рівний за діаметром пруток з тієї простої причини, що властивості розплаву будуть неоднорідними по масі, звідси нерівномірний тиск в промисловому екструдері, нерівномірна пластичність розплаву і його усадка. Відповідно, і під час друку такий пруток буде вести себе абсолютно непередбачувано. В ході першої стадії переробки вихідного полімеру і першого терміну служби полімерного ланцюга відбуваються незворотні зміни, викликані хімічними впливами, термічної, тепло і фотоокислювальної деструкції, що призводить до появи активних груп. Ці групи при наступних переробках здатні запускати реакції окислення. Відповідно чим менша кількість переробок тим кращий матеріал і в результаті це вплине на якість майбутньої деталі чи виробу. Але також у випадках вторинної переробки полімерів є можливість створення нового матеріалу із новими властивостями завдяки додаванню до їх складу різних домішок, фарбників, пластифікаторів з метою покращення еластичності, пластичної деформації, морозостійкості, ударної міцності і зниження в'язкості для покращення їх подальшої переробки і експлуатації [3].

З метою розробки розробка 3D-принтера для виготовлення деталей та виробів легкої промисловості із використанням гранул в якості вихідної сировини в подальшому необхідно вирішити наступні задачі:

- розробити установку для проведення експериментальних досліджень;
- дослідити процеси, що відбуваються всередині матеріального циліндра та які сили виникають при переміщенні полімерного матеріалу між робочими органами пристрою;
- визначити фізико-механічні характеристики отриманої деталі чи виробу.

Викладення основного матеріалу. На теперішній час найбільш розповсюдженим вузлом для переміщення полімерного матеріалу в нагрівальну частину є шнек. В результаті роботи полімерний матеріал також видавлюється із нагрівального елемента, як і у FDM принтерах [6].

Технологія друку гранулами, полягає в наступному: замість готового прутка, який в основному застосовують в якості вихідної сировини, використовуються гранули полімерів, які засипаються у відповідний бункер або зону завантаження, після цього матеріал-сировина подається обертовим шнеком у нагрівальну зону розплаву. В подальшому відбувається екструзія полімеру (рис.1). Для виготовлення деталі взуття термопластичний матеріал нагрівається у друкуючій головці до напіврідкого стану й видавлюється у вигляді нитки через сопло з отвором малого діаметра, осідаючи на поверхні робочого столу (для першого шару) або на попередньо сформованому шарі, з'єднуючись із ним.

Для забезпечення якісного 3D-друку велике значення мають умови просування твердого матеріалу із зони завантаження і заповнення міжвиткового простору у шнекові. Для цього необхідно визначити які процеси відбуваються всередині нього та які сили виникають при

переміщенні полімерного матеріалу між робочими органами пристрою та як це впливає на процес друку та властивості кінцевої деталі.

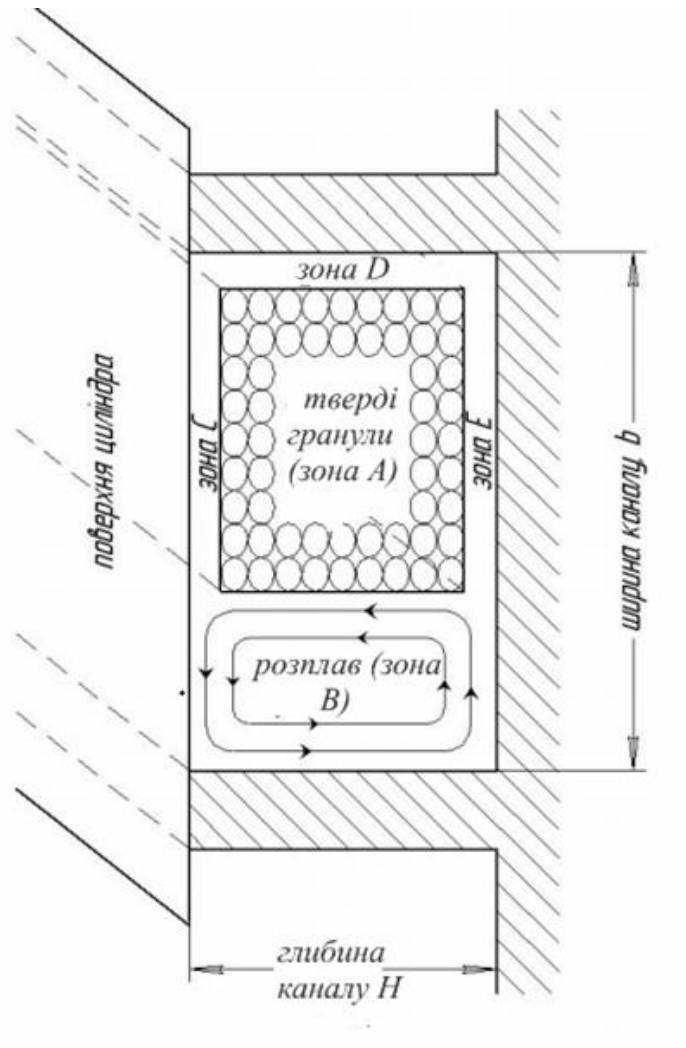


Рис.1. Схематичне зображення шнека із робочими зонами та основними параметрами в розрізі під час роботи

Завантаження установки полімерним матеріалом для екструзії, що подається в бункер, може бути у вигляді порошку, гранул і дрібних пластин. Однією із головних переваг розробленої установки є можливість повторного друку деталей гранулами із відходів, що були отримані при попередньому друку (рис.2). Використання вторинної сировини веде до здешевлення виробу.

Технологія FDM-друку, на перший погляд, може здатися безвідходною, проте можливі значні втрати матеріалів, що йдуть у відходи в процесі підбору оптимального режиму друку для конкретної моделі.

На рис.2 показані етапи перетворення, що відбуваються із полімерними матеріалами на шляху друку гранулами.

При нормальному температурному режимі спочатку утворюється довга пробка із полімеру, яка проштовхується по каналу. Довжина пробки повинна бути достатньо великою для того щоб проштовхуюча сила, яка виникає внаслідок повздовжнього руху, забезпечувала переміщення полімеру в зону плавлення.

Транспортування різних за формою та розмірами полімерних матеріалів (подрібнені відходи) або порошоків з поганою сипучістю та низькою насипною вагою в зоні живлення становить досить складну задачу. Тому необхідно враховувати всі сили, які впливають на процес друку деталей та розраховувати необхідні параметри для забезпечення безперебійної роботи.

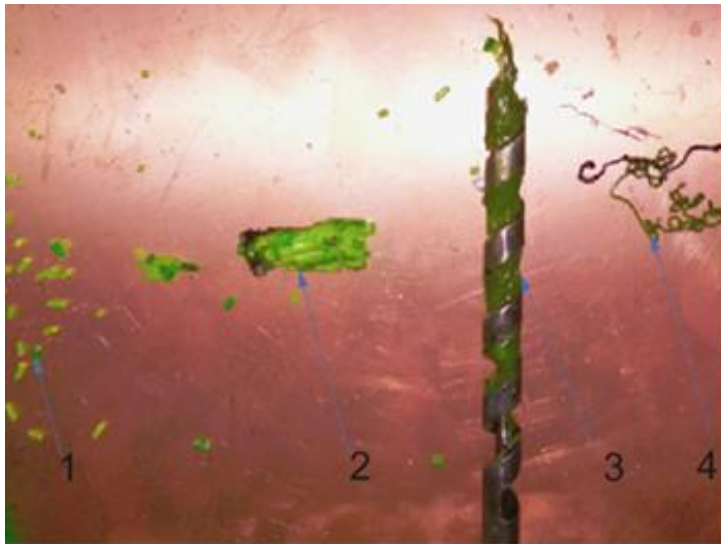


Рис.2. Робочий орган пристрою та етапи перетворення полімерних частин: 1-полімерні частинки, 2-початок етапу злипання і розплавлення полімерних частинок в суцільне тіло, 3-заповнення міжвиткового простору робочого шнеку під час роботи, етап гомогенізації полімерних частин в одне ціле, 4-вихідний матеріал після видавлювання.

Для подачі частин полімерного матеріалу в зону переробки, як вже відмічалось, використовується шнек. Після потрапляння полімерного матеріалу в канал шнека переміщення матеріалу відбувається примусово. Сили ваги все ще можуть відігравати незначну роль, але сили проштовхування переважають. На матеріал, що транспортується діють наступні сили (рис.3).

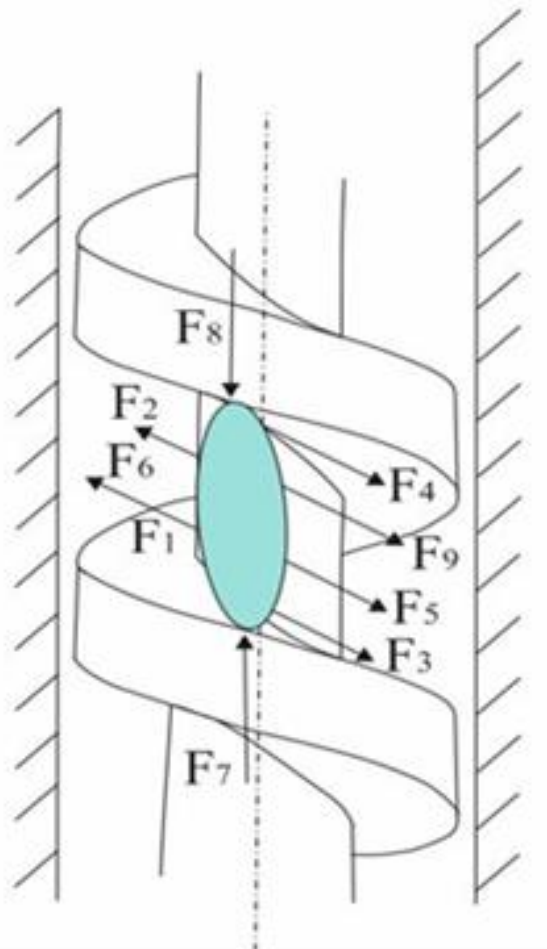


Рис.3. Схема розміщення сил, які діють на матеріал під час руху всередині пари циліндр-шнек

Сила F_1 – це сила тертя, яка діє зі сторони корпусу на пробку і заставляє її рухатись по шнеку. Пара сил F_2 і F_6 виникають в результаті повздовжнього тиску, що діє на даний елемент. Їх можна визначити, помноживши питомий тиск на площу поперечного перерізу каналу. Сила тертя F_3 - це сила, що здійснює вплив на пробку з боку штовхаючої стінки черв'яка. Сила тертя F_4 діє на матеріал з боку передньої стінки каналу. Сила тертя F_5 є силою діючою на пробку з боку стінок каналу шнека. Сили F_7 і F_8 - це нормальні сили, що діють зі сторони стінок каналу шнека на пробку. В черв'яків з боку серцевини на пробку діє додаткова нормальна сила F_9 . Також сила F_7 - це сила, з якою на пробку тисне стінка каналу. Вона складається з двох частин: сили F_8 і сили $F_{вр}$, що врівноважує всі інші сили [6]. При нормальній роботі екструдера сума проєкцій всіх сил на вісь черв'яка повинна дорівнювати нулю.

Вперше повний аналіз переміщення твердих часток в традиційному одношнековому екструдері був виконаний в роботі [7]. Аналіз, що проведений в даній роботі, є розширеним з врахуванням усіх зазначених вище сил.

Так як даний вид друку відносно новий, його можна застосовувати в різних сферах промисловості для друку різних деталей та елементів одягу і взуття. Також доцільним буде виготовлення за допомогою тривимірного друку макетів та прототипів виробів перед початком їх масового виробництва. Виготовлення прототипу дає можливість аналізу конструкції та усунення її недоліків на початковому етапі. У взуттєвому виробництві новим способом друку можна виготовляти як суцільне полімерне взуття, так і окремі деталі, такі як підшви, аксесуари, каблуки, колодки, а також взуттєві набійки. Завдяки сучасному устаткуванню тривимірного друку можливе створення цілісних тривимірних об'єктів практично будь-якої геометричної форми на основі цифрової моделі. Така технологія заснована на концепції побудови об'єкта шляхом поступового нанесення шарів, що відображають контури моделі

До переваг 3D-друку взуття можна віднести: можливість використання різного асортименту матеріалів, які мають різні властивості міцності та гнучкості, і в результаті виріб буде набагато якісніший в порівнянні із виробом, який буде виготовлений традиційним методом; виробництво 3D-моделі, яка буде повністю відповідати усім анатомічним особливостям людської стопи [8].

Висновки. Застосування технології 3D-друку здатне вирішити низку проблем у взуттєвій промисловості та підняти її на якісно новий рівень. Впровадження даної технології для масового виробництва одягу і взуття є актуальною задачею. Тому всі наукові дослідження та розробки, що будуть проведені та здійснені в цьому напрямку є актуальними, матимуть елементи наукової новизни, а отримані результати та устаткування матимуть велике практичне застосування.

Список використаних джерел:

1. Studfiles.net [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/5424245/page:4/>
2. Pavuk.info [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pavuk.info/3d-druk-u-virobnitstvi-vzuttya/>
3. Zozulia P. General classification of 3D printing / N. Pyshcheniuk, M. Skyba, O. Polishchuk, M. Malec // Actual problems of modern science [collective monograph], UTP University of Sciences and Technology in Bydgoszcz, Poland, 2017. – p. 413-421.
4. Зозуля П.Ф., О.С. Поліщук, А.О. Поліщук. Перспективи застосування технології 3D-друку в легкій промисловості // Вісник Хмельницького національного університету. – 2017. – №4 – С. 102 – 104.
5. Зозуля П.Ф., О.С. Поліщук, А.О. Поліщук. Узагальнена класифікація філаментів для 3D-друку // Вісник Хмельницького національного університету. – 2017. – №6 – С. 51 – 59.
6. Торнер Р. В. Теоретические основы переработки полимеров (механика процессов) / Р. В. Торнер. – М.: Химия, 1977. – 464 с.
7. Ossvald T. A. Lite plastmass pod davleniem. T. A. Ossvald, L.-SH. Tung, P. Dj. Gremann; pod red. E.L. Kalincheva. SPb.: Professiya, 2006. – 712 p.
8. 24tv.ua [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://24tv.ua/sport/vidomi_sportivni_brendi_drukuvatimut_krosivki_na_3dprinteri_n619700

Рецензенти:

1. Кармаліта А.К., професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету, к.т.н., професор.
2. Місяць В.П., професор кафедри прикладної механіки та машин Київського національного університету технологій та дизайну, д.т.н., професор

Стаття надійшла до редакції 15.09.2019

УДК 355.35 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.9

О.В. Іванченко, І.В. Бойков, А.О. Іванченко*Національна академія Національної гвардії України***ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ «АВТОМОБІЛЬ-ДОРОГА» НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ***Розглянуто характеристики, що оцінюють технічний стан автомобільної техніки і дороги.**Запропоновано показник для оцінки системи «автомобіль-дорога» при використанні автомобільної техніки та графік залежності ймовірності подолання маршруту від коефіцієнту зчеплення шин з дорожнім покриттям.**Отримано та обґрунтовано формулу, що дозволяє оцінювати ймовірність виконання поставленою завдання автомобільною технікою при перевезеннях людей та вантажів.**Ключові слова: автомобільна техніка, автомобільна дорога, показник надійності, коефіцієнт оперативної готовності, коефіцієнт сили зчеплення коліс з дорожнім покриттям.***О.В. Иванченко, И.В. Бойков, А.О. Иванченко***Национальная академия Национальной Гвардии Украины***ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ «АВТОМОБИЛЬ-ДОРОГА» НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ***Рассмотрены характеристики, оценивающие техническое состояние автомобильной техники и дороги.**Предложен показатель для оценки системы «автомобиль-дорога» при использовании автомобильной техники и график зависимости вероятности преодоления маршрута от коэффициента сцепления шин с дорожным покрытием.**Получена и обоснована формула, позволяющую оценивать вероятность выполнения поставленной задачи автомобильной техникой при перевозках людей и грузов.**Ключевые слова: автомобильная техника, автомобильная дорога, показатель надежности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент силы сцепления колес с дорожным покрытием.***O.V. Ivanchenko, I.V. Boikov, A.O. Ivanchenko***National Academy of the National Guard of Ukraine***INFLUENCE OF THE CHARACTERISTICS OF THE SYSTEM "CAR-ROAD" ON THE EFFICIENCY OF THE IMPLEMENTATION OF TASKS BY ROAD TRANSPORT***The characteristics that evaluate the technical condition of automotive vehicles and roads are considered.**The proposed indicator for assessing the system "car-road" when using automotive technology and a graph of the dependence of the probability of overcoming the route from the coefficient of adhesion of tires with the road surface.**A formula has been obtained and substantiated, which makes it possible to assess the likelihood of the task being accomplished by automotive equipment when transporting people and goods.**Key words: automobile equipment, road, reliability index, operational readiness ratio, coefficient of traction force of wheels with road surface.*

Постановка проблеми. Надійність руху автомобільної техніки по дорогам залежить від багатьох факторів, які можна розділити по відношенню до автомобіля на дві групи:

- зовнішні, які оточують автомобіль при русі;
- внутрішні, які відносяться безпосередньо до автомобіля.

При організації руху автомобільної техніки необхідно оцінити ряд умов, серед яких можна виділити наступні: оцінка обстановки на шляху руху, розрахунок часу руху, вживання заходів з безпеки руху та ін.

При підготовці автомобіля до використання уточнюються наступні дані, а саме: технічний стан автомобілів, можливий вихід з ладу через знос елементів автомобіля, стан доріг, колонних шляхів, час року, час доби, кліматичні умови та інші [1, 2].

Технічний стан автомобільної техніки оцінюється за допомогою коефіцієнта технічної готовності, коефіцієнта готовності, коефіцієнта оперативної готовності [2–4]. Однак високі значення цих коефіцієнтів не гарантують виконання завдання. При підготовці до виконання завдання крім оцінки стану автомобільної техніки (АТ) необхідно оцінити маршрути руху і стан доріг, за якими будуть рухатися автомобілі. Так, при значеннях коефіцієнта оперативної готовності АТ рівним 0,97 і ймовірності подолання маршруту рівним 0,1 ймовірність прибуття АТ в пункт призначення становитиме лише 0,097. У таких випадках значення ймовірності прибуття АТ в пункт призначення недостатнє, що може привести до зриву виконання завдання. Тому виникає необхідність розгляду окремих складових надійності системи «автомобіль-дорога».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання можливості та безпосередньо виконання завдань АТ при пересуванні по автомобільних дорогах висвітлені в численних публікаціях, зокрема в роботах [1–7].

Оцінка стану готовності техніки розглядається в роботах [2–4].

Процес взаємодії колеса з дорожнім покриттям, розглядається в роботах [5].

Надійність автомобіля і надійність дорожнього покриття розглядається в роботах [3, 6, 7].

Однак в цих роботах надійність системи «автомобіль-дорога» при низькій якості автомобільних доріг не оцінюється.

Мета статті. Визначення складових характеристик системи «автомобіль-дорога» і обґрунтування показника надійності, який враховує як стан автомобільної техніки, так і стан дорожнього покриття на маршрутах руху.

Виклад основного матеріалу. Оцінку стану автомобільної техніки при підготовці до використання пропонується проводити за допомогою комплексного показника для інтегральної оцінки двох властивостей надійності техніки (ремонтпридатності і безвідмовності) – коефіцієнта оперативної готовності ($K_{ог}$). Коефіцієнт оперативної готовності – це ймовірність того, що система виявиться в працездатному стані в будь-який момент часу, крім запланованих періодів, коли використання об'єкта за призначенням не передбачається, і, починаючи з цього моменту, буде працювати безвідмовно протягом заданого періоду [3, 6]. Коефіцієнт оперативної готовності є показником рівня технічного стану і може використовуватися для прогнозування технічного ресурсу автомобіля.

У свою чергу стан покриття автомобільних доріг в залежності від дорожніх умов може різко змінюватися на різних ділянках і на відносно незначних відстанях між ними.

Надійністю автомобільної дороги як комплексної транспортної споруди є здатність забезпечувати розрахунковий рух транспортного потоку з середньою швидкістю, близькою до оптимальної, протягом нормативного або заданого терміну служби дороги при достатніх значеннях інших показників.

Критеріями експлуатаційної надійності автомобільних доріг є такі:

- безперервне, безпечний та зручний рух АТ;
- працездатність як стан дороги, при якому вона виконує задані функції з параметрами, встановленими вимогами технічної документації;
- фактичний термін служби дороги;
- ступінь запасу по пропускній здатності і міцності дорожнього покриття;
- ремонтпридатність.

До дорожніх параметрів, що визначають безпеку автомобільних доріг, можна віднести тип дороги, її геометричні параметри, кількість перетинів і примикань другорядних доріг, облаштування перехресть, швидкісного режиму.

Автомобільні дороги розділені на п'ять категорій [8, 9]. Кожній категорії доріг відповідають свої характеристики: кількість смуг руху, ширина смуг руху, максимальні ухили, радіуси повороту, тип дорожнього покриття.

Однак, незважаючи на характеристики автомобільних доріг кожна може бути непроїзною через вплив природних факторів або через технічний стан автомобільного транспорту.

Оцінка надійності автомобільної дороги під час експлуатації проводиться відповідно до класичної теорії надійності за допомогою основних показників довговічності, ремонтпридатності, безвідмовності, збереженості [10]. Використання показників АТ і окремих показників автомобільної дороги не дозволяють оцінити здатність АТ подолати маршрут і виконати завдання. Тому необхідно ввести показник, який дозволить би оцінити можливість подолання маршруту автомобілем. Одним з показників безвідмовності системи «автомобіль-дорога» може бути ймовірність подолання маршруту. Ймовірністю подолання маршруту P_l називається ймовірність того, що по дорозі буде можливим рух автомобіля з заданими характеристиками.

Ймовірність подолання маршруту залежить від великої кількості умов: стану дорожнього покриття та шини; навантаження на дорожнє покриття (швидкість руху, маса транспортних засобів); кліматичні умови (температура, вологість, тиск); інтенсивності руху; механічних чинників (коливання, частота); радіаційної обстановки; впливу хімічних речовин (сіль, кислота) і ін.

При оцінці ймовірності подолання маршруту врахувати всі умови дуже важко. Тому в якості першого кроку оцінимо можливість руху автомобіля по дорозі за станом дорожнього покриття і

шин. В якості оціночного показника візьмемо коефіцієнт зчеплення колеса з дорожнім покриттям φ . Коефіцієнтом зчеплення шин з дорожнім покриттям є відношення максимально можливого на даній ділянці дороги значення сили зчеплення між шинами транспортного засобу з поверхнею дороги P_m до маси цього транспортного засобу G :

$$\varphi = \frac{P_m}{G}.$$

Схема дії сил на колесо при русі автомобіля по дорозі представлена на рисунку 1.

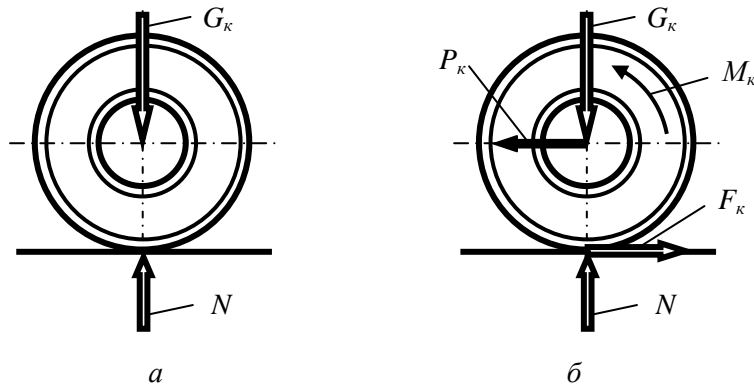


Рис. 1. Схема сил діючих на ведуче колесо:

a – стан нерухомості; b – стан руху; G_k – сила тяжіння, відповідна навантаженні на колесо; N – реакція дороги; P_k – сила тяги; F_k – сила тертя; M_k – обертаючий момент

В реальності дію сил при русі колеса автомобіля по поверхні дороги є досить складним явищем і залежить від багатьох причин. Однак зауважимо, що за рахунок сили тертя забезпечується зчеплення колеса автомобіля з поверхнею дороги.

Коефіцієнт зчеплення φ , залежить від багатьох чинників: ступеня зносу малюнка протектора шин, тиску в шинах, швидкості руху, виду і стану дорожнього покриття тощо. У таблиці 1 надано середні значення коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям для різних типів поверхонь автомобільних доріг.

Таблиця 1.

Коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям φ для різних типів поверхонь руху

Тип дорожнього покриття	Коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям φ в залежності від стану дорожнього покриття	
	сухе покриття	мокре покриття
Асфальтобетонне, цементобетонне	0,7–0,8	0,4–0,6
Щебенева	0,6–0,7	0,3–0,5
Ґрунтова дорога	0,5–0,6	0,2–0,4
Сніговий покрив	0,2–0,3	
Ожеледиця	0,1–0,2	

Ймовірність подолання маршруту можна визначити за формулою:

$$P_1 = P(\varphi).$$

Якісний вид графіка ймовірності подолання маршруту в залежності від коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям представлений на рисунку 2.

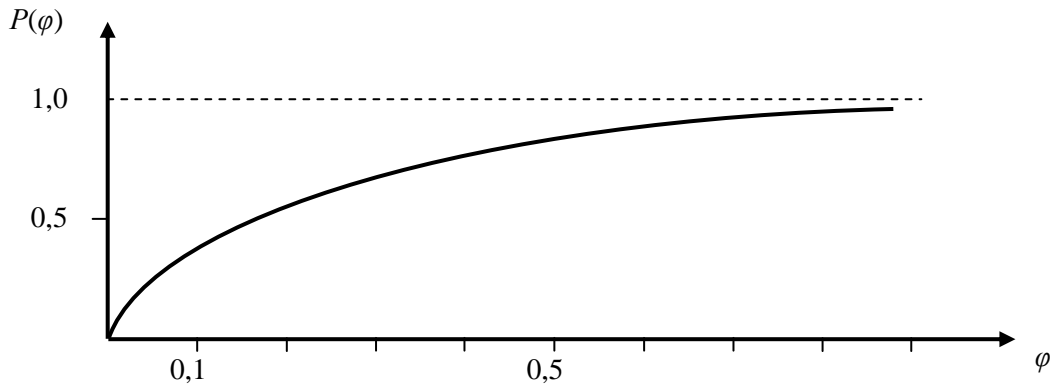


Рис. 2. Графік залежності ймовірності подолання маршруту від коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям

З графіку видно, що при низькому значенні коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою (ожеледиця, мокра дорога), значення ймовірності подолання маршруту буде невисоким. І, навпаки, при збільшенні значення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою (сухе асфальтобетонне покриття), ймовірність подолання маршруту буде наближатися до максимально високого значення.

Визначення ймовірності подолання маршруту за формулою наведеною вище не в повній мірі може характеризувати виконання завдання автомобілем. Тому в якості комплексного показника безвідмовності системи «автомобіль-дорога» пропонується використовувати коефіцієнт можливості здійснення перевезень $K_{мзп}$.

Коефіцієнт оперативної готовності та ймовірність подолання маршруту є подіями пов'язаними і незалежними. Згідно з теоремою множення ймовірностей незв'язаних і незалежних подій вираз для коефіцієнта можливості здійснення перевезень можна представити в наступному вигляді:

$$K_{мзп} = K_{оз} \cdot P(\varphi).$$

Так, наприклад, при значеннях коефіцієнта оперативної готовності $K_{оз} = 0,9$ і ймовірності подолання маршруту $P(\varphi) = 0,8$ (сухе асфальтобетонне покриття) коефіцієнт можливості здійснення перевезень буде $K_{мзп} = 0,72$. А при значеннях коефіцієнта оперативної готовності $K_{оз} = 0,9$ і ймовірності подолання маршруту $P(\varphi) = 0,6$ (мокре асфальтобетонне покриття) коефіцієнт можливості здійснення перевезень буде $K_{мзп} = 0,54$, що відповідає ймовірності виконання АТ завдання.

Висновки

1. Проведено аналіз оцінки надійності системи «автомобіль-дорога». Розглянуто вплив коефіцієнта оперативної готовності, дорожніх умов, ймовірності подолання маршруту на виконання завдання АТ.

2. Запропоновано якісний графік залежності ймовірності подолання маршруту від коефіцієнта зчеплення шин з дорожнім покриттям автомобільної дороги.

3. Запропоновано та обґрунтовано формула, що дозволяє оцінювати ймовірність виконання поставленого завдання автомобільною технікою. Дана формула пов'язує складові системи «автомобіль-дорога».

Запропоновано та обґрунтовано формула, що дозволяє оцінювати ймовірність виконання поставленого завдання автомобільною технікою. Дана формула пов'язує складові системи «автомобіль-дорога».

Список використаних джерел

1 Автомобильная техника. Автомобильные войска. Автомобильная служба: учебник – М.: Воениздат, 1982. – 348 с.

2 Воинские автомобильные перевозки: учебник. – М.: Воениздат, 2002. – 192 с.

3. Надёжность и эффективность в технике: Справочник: в 10 т./Ред. совет: В. С. Авдеевский (пред.) и др. Т. 2: Математические методы в теории надёжности и эффективности / Под ред. Б. В. Гнеденко. – М.: Машиностроение, 1987. – 227 с.
4. Іванченко А.О. Визначення комплексного показника боєготовності військової техніки з урахуванням коефіцієнту оперативності / Іванченко А.О., Шаповал О.М.; Бойков І.В. // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. № 1. – Харків, 2018. – С. 109 – 115.
5. Патент України 8852 МПК: G03B 41/00. Пристрій для автоматизованого цифрового знімання параметрів автомобільної дороги / Присяжнюк А.Й., Бурачек В.Г., Васильев О.П., Каракай С.В., Шульд Р.В., Малік Т.М.; опубл. 15.08.2005.
6. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мاستикаш О.Л., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / За загальною ред. Є.Ю.Форнальчика. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.
7. Заворицкий В.И., Старовойда В.П., Билятинский А.А. и др. Справочник. Проектирование и строительство автомобильных дорог. – К.: Техника, 1996. – 383 с.
8. ДСТУ 3587–97 Безопасность дорожного движения. Автомобильные дороги, улицы и железнодорожные переезды. Требования к эксплуатационному состоянию. – К.: Госстандарт Украины, 1997. – 23 с.
9. ДБН В.2.3–4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 110 с.
10. Степанов И.С., Покровский Ю.Ю., Ломакин В.В., Ю.Г. Москалева Влияние элементов системы водитель – автомобиль – дорога – среда на безопасность дорожного движения: Учебное пособие – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 171 с.

Рецензенти:

Володимир Борисович Кононов, начальник кафедри метрології та стандартизації Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, доктор технічних наук, професор.

Володимир Миколайович Нечипоренко, доцент кафедри інженерної техніки Національної академії Національної гвардії України, кандидат технічних наук, доцент.

Стаття надійшла до редакції 10.07.2019

Ю.А. Калинин¹, М.Н. Брыков², И. Петришинец³, М.Ю. Осипов², М.И. Андрущенко²,
В.Г. Ефременко⁴

ЧАО «Запорожтрансформатор»¹

Национальный университет «Запорожская политехника»²

Институт материаловедения Словацкой академии наук³

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»⁴

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОЕДИНЕНИЙ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ СВАРКИ С УСКОРЕННЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

По результатам испытаний сварных образцов на растяжение оценивали качество соединений предварительно закалённой высокоуглеродистой стали 120Г3С2. Структура материала после закалки от 900 °С и 1000 °С состояла из аустенита и мартенсита в различном соотношении. Для обеспечения ускоренного охлаждения при сварке образцы погружали в воду кроме свариваемых кромок. При испытаниях разрушение всех сварных элементов произошло по основному материалу, что свидетельствует о достаточно высоком качестве сварных соединений.

Ключевые слова: высокоуглеродистая низколегированная сталь, сварка, ускоренное охлаждение, аустенит, мартенсит, прочность

Ю.А. Калінін¹, М.М. Брыков², І. Петришинець³, М.Ю. Осіпов², М.І. Андрущенко², В.Г.
Єфременко⁴

ПАТ «Запоріжтрансформатор»¹

Національний університет «Запорізька політехніка»²

Інститут матеріалознавства Словацької академії наук³

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»⁴

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ З'ЄДНАНЬ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВОЇ НИЗЬКОЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ ПІСЛЯ ЗВАРЮВАННЯ З ПРИСКОРЕНИМ ОХОЛОДЖЕННЯМ

За результатами випробувань зварених зразків на розтяг оцінювали якість зварних з'єднань попередньо загартованої високовуглецевої сталі 120Г3С2. Структура матеріалу після гартування від 900 °С та 1000 °С складалася з аустеніту і мартенситу в різному співвідношенні. Для забезпечення прискореного охолодження під час зварювання зразки занурювали в воду крім зварюваних крайок. Під час випробувань руйнування всіх зварних елементів відбулося по основному матеріалу, що свідчить про достатньо високу якість зварних з'єднань.

Ключові слова: високовуглецева низьколегована сталь, зварювання, прискорене охолодження, аустеніт, мартенсит, міцність

Yu. Kalinin¹, M. Brykov², I. Petryshynets³, M. Osipov², M. Andrushchenko², V. Efremenko⁴

PJSC "Zaporozhtransformator"¹

National University «Zaporizhzhia polytechnic»²

Institute of Materials Research Slovak Academy of Sciences³

SHEI «Pryazovskyi State Technical University»⁴

ESTIMATION OF JOINTS QUALITY FOR HIGH-CARBON LOW-ALLOYED STEEL AFTER WELDING WITH RAPID COOLING

According to the tensile test results of welded samples, the quality of the joints of pre-hardened high-carbon steel 120Mn3Si2 was evaluated. The structure of the material after quenching from 900 °C and 1000 °C consisted of austenite and martensite in various proportions. To ensure accelerated cooling during welding, the samples were immersed in water except for the welded edges. During testing, the destruction of all welded elements occurred on the base material, which indicates a sufficiently high quality of welded joints.

Key words: high-carbon low-alloy steel, welding, rapid cooling, austenite, martensite, strength

Постановка проблеми. Одной из основных проблем современной промышленности является износ деталей оборудования. Наиболее остро проблема проявляется в случае абразивного изнашивания, когда рабочие поверхности подвергаются множественному царапанию твёрдыми частицами. Для повышения износостойкости материалов, в частности, сталей, при абразивном изнашивании необходимо повышать содержание углерода до заэвтектоидного и закаливать детали от оптимальной для каждого случая температуры. Если необходимо сваривать такую износостойкую деталь, то структура, предварительно полученная закалкой, может быть потеряна в зоне нагрева до температуры выше порога диффузии атомов железа. В связи с этим проблема, на решение которой направлена данная работа – нахождение способа сварки предварительно

закалених високоуглеродистих низколегированных сталей, позволяющего сохранять структуру, полученную предварительной термической обработкой, при достаточном качестве сварных соединений.

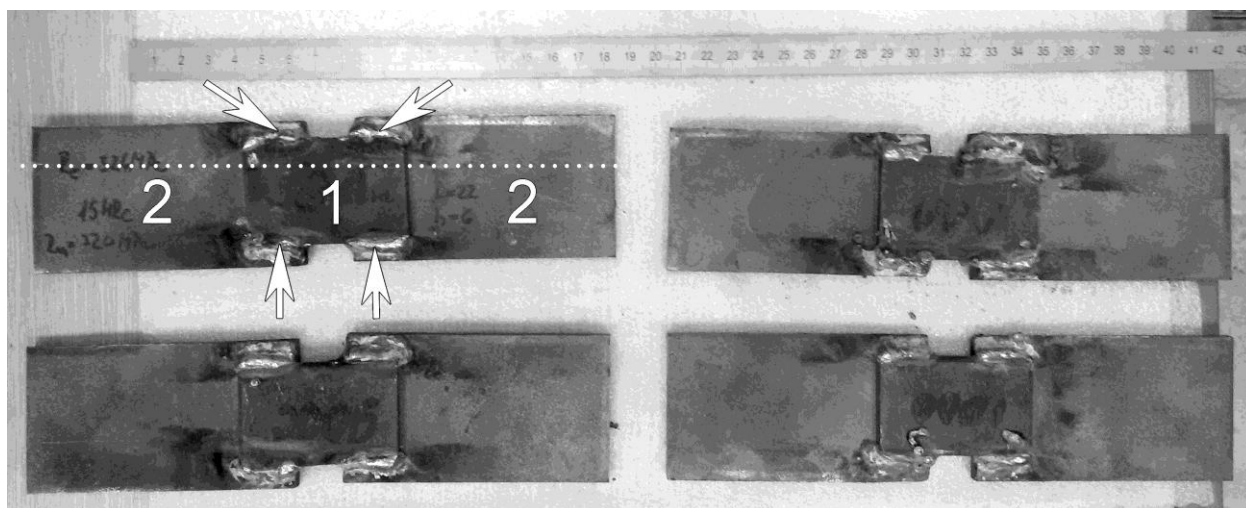
Анализ последних достижений и публикаций. Исследования износостойкости материалов при абразивном изнашивании проводятся уже более ста лет [1]. Установлено, что высокая износостойкость сталей и чугунов обеспечивается высокой твёрдостью поверхности трения. Основное условие значительного, скачкообразного увеличения износостойкости – твёрдость поверхности трения должна приближаться к твёрдости абразива или превышать её [2, 3]. В работах [4-6] показано, что значительным потенциалом с точки зрения повышения износостойкости сталей при абразивном изнашивании обладает эффект упрочнения нестабильного аустенита при пластической деформации. Твёрдость нестабильного высокоуглеродистого аустенита при абразивном изнашивании может увеличиваться с 200HV в исходном состоянии до 1200HV на поверхности трения за счет фазового γ - α превращения [4]. Это явление позволило значительно, во многих случаях на порядок, повысить износостойкость по сравнению с такими материалами, как белые чугуны и углеродистые стали после закалки на максимальную твёрдость [5]. Таким образом, существуют два основных направления повышения износостойкости сталей термической обработкой: 1) закалка на максимальную твёрдость с получением в структуре мартенсита; 2) закалка на 80-100% нестабильного аустенита с дальнейшим использованием эффекта упрочнения поверхности трения. В обоих случаях содержание углерода в сталях должно быть повышено – в первом случае до эвтектоидного (около 0,8% масс.), во втором случае до заэвтектоидного (около 1,2% масс.).

Сварка сталей с повышенным содержанием углерода, как правило, выполняется с предварительным подогревом для обеспечения замедленного теплоотвода и исключения образования закалочных структур в зоне термического влияния (ЗТВ). Однако в случае термически обработанных высокоуглеродистых сталей это приведёт к высокому отпуску материала на значительном расстоянии от ЗТВ, что снизит износостойкость практически до уровня отожженной стали.

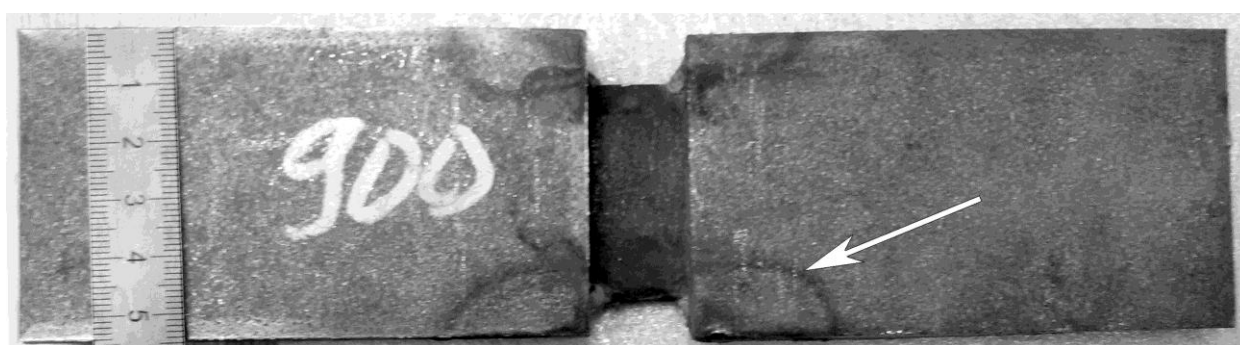
Некоторые авторы отмечают положительную роль ускоренного охлаждения на свойства сварных соединений заэвтектоидных сталей [7]. В работах [8, 9] обоснован метод сварки закаленных высокоуглеродистых низколегированных заэвтектоидных сталей с ускоренным охлаждением в воде. Показано, что при таком способе сварки сразу за границей сплавления образуется прослойка аустенита. Затем следуют аустенито-мартенситная, мартенситная прослойки и область отпуска исходного закаленного материала. В результате анализа микроструктуры сварного соединения закаленной на мартенсит стали 120Г3С2 после сварки с охлаждением в воде установлено, что ширина ЗТВ не превышает 5-6 мм при отсутствии трещин в ней, сварном шве и на линии сплавления. Данный результат позволяет проводить дальнейшие исследования качества сварных соединений закаленной высокоуглеродистой низколегированной стали.

Постановка задачи. Задача работы – оценить качество сварных соединений закаленной стали 120Г3С2, полученных ручной дуговой сваркой с ускоренным охлаждением в воде.

Материалы и методика. Качество соединений оценивали при испытаниях на растяжение комбинированных сварных образцов (рис. 1). Закаленная пластина (1) из стали 120Г3С2 (см. рис. 1, а) толщиной 5 мм приварена четырьмя угловыми швами (стрелки) к двум пластинам (2) стали 09Г2С. Сварку выполняли поочередно с каждой стороны, погружая зажатые в струбцину пластины в воду до уровня, обозначенного пунктиром. После сварки с одной стороны сварной образец извлекали из воды и высушивали сжатым воздухом. Затем образец снова погружали в воду и проводили сварку двух оставшихся швов. Примерный уровень воды при сварке показан пунктиром. Таким образом, теплоотвод от ЗТВ осуществлялся достаточно быстро вглубь металла, погруженного в воду. Кипение воды незначительной интенсивности наблюдалось лишь на её поверхности в местах контакта с металлом, объемное кипение не наблюдалось. Следовательно, вся погруженная в воду часть образца в процессе сварки нагревалась не выше 100 °С. Контуры цветов побежалости (стрелка) (см. рис. 1, б), позволяют определить границы ЗТВ. Горизонтальные границы контуров соответствуют уровням воды при сварке. Сварку проводили на переменном токе электродами RIK99 (99 %Ni, 1 %C) диаметром 3 мм на режиме: $I_{св} = 190$ А; $U_{св} = 25$ В.



а



б

Рис. 1. Сварные образцы для испытаний: а – вид всех образцов со стороны пластин из стали 120Г3С2: 1 – 120Г3С2, 2 – 09Г2С, стрелки – сварные швы, пунктир – уровень воды; б – вид образца с обратной стороны: стрелка – граница цветов побежалости

Термическая обработка пластин из стали 120Г3С2: закалка от 1000 °С (2 шт), закалка от 900 °С (2 шт). Пластины в процессе производства были обезуглерожены на глубину около 1 мм [10]. Поэтому после закалки структура материала по глубине 1,0-1,5 мм изменяется от мартенситной на самой поверхности до аустенитной (закалка от 1000 °С) или аустенито-мартенситной (закалка от 900 °С). Далее структура по глубине не изменяется.

Испытания на растяжение проводили на машине INSTRON 250.

Результаты экспериментов и обсуждение. При испытаниях разрушение всех образцов произошло по пластине из стали 120Г3С2. Максимальная нагрузка до разрушения для каждого из образцов представлена в табл. 1.

Таблица 1.

Результаты испытаний сварных образцов

№п/п	Температура закалки образца стали 120Г3С2, °С	Максимальная нагрузка до разрушения, кН
1	1000	12,369
2	1000	16,825
3	900	9,488
4	900	18,690

Диаграммы «Нагрузка – абсолютное удлинение» для трёх образцов представляют собой классические кривые для хрупкого разрушения материала без площадки текучести с резким падением нагрузки до нуля в момент разрушения. Однако поведение одного из образцов при

разрушению отличалось от остальных. Соответствующая диаграмма приведена на рис. 2. Внешний вид разрушенного образца показан на рис. 3.

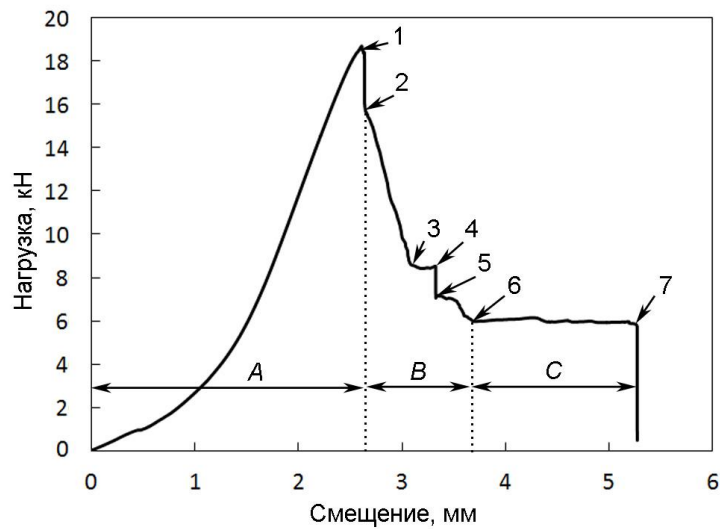


Рис. 2. Диаграмма нагружения образца №4: А – нагружение до разрушения; В – долом сердцевины; С – течение материала околошовной зоны.

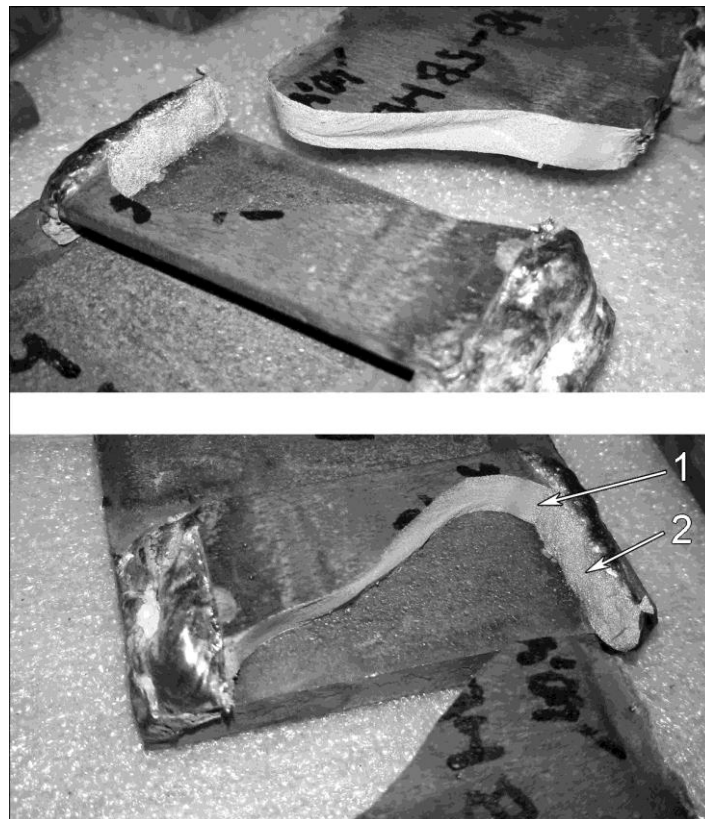


Рис. 2. Образец №4 после испытаний: 1 – место торможения трещины на сварном шве, 2 – поверхность разрушения, соответствующая площадке С на рис. 2

Обращают внимание относительно низкие значения разрушающих нагрузок для всех образцов (см. табл. 2). Площадь поперечного сечения пластин из стали 120Г3С2 составляет примерно 200-220 мм². Следовательно, при максимальной разрушающей нагрузке 18690 Н (образец №4) номинальное напряжение в сечении в момент разрушения составило около 90 МПа. Для остальных образцов эта величина оказывается ещё меньше. Такое значение предела

прочности, на первый взгляд, оказывается необычно низким даже для закаленных неотпущенных высокоуглеродистых сталей. Однако в данном случае имеет значение очень большая неоднородность структуры по сечению образца.

В связи с обезуглероживанием структура образца стали 120Г3С2 на самой поверхности после закалки практически полностью мартенситная. Твёрдость составляет 750-800 НВ [10]. Толщину полностью мартенситного поверхностного слоя можно оценить в 0,1 мм. Этот слой обладает практически нулевой пластичностью по сравнению с более глубоко расположенными слоями со значительным количеством аустенита. Потому при нагружении, вероятно, происходит некоторая пластическая деформация внутренних слоёв образца за исключением поверхностного слоя толщиной около 0,1 мм. При этом вся нагрузка оказывается сконцентрированной именно в недеформированном слое. Если данное предположение верно, то несущую способность материала тонкого поверхностного слоя можно оценить как:

$$\sigma = \frac{F}{0,1 \cdot P}, \text{ МПа} \quad (1)$$

где: F – разрушающая нагрузка, Н
 P – периметр сечения, мм
 0,1 – толщина мартенситного слоя, мм.

При $F = 18690$ Н и $P = 91$ мм несущая способность материала слоя составит 2054 МПа. Эта величина близка к типичным значениям для высокопрочных сталей. Если толщина одномоментно разрушаемого слоя оказывается больше, чем 0,1 мм, расчетная прочность, естественно, пропорционально уменьшается.

После разрушения тонкого поверхностного слоя в образце появляется трещина, на фронте которой возникает концентрация напряжений и локальная область пластической деформации. Если бы в глубине образца находился стабильный аустенит, то трещина могла быть остановлена. Однако в данном случае аустенит нестабилен, на фронте трещины постоянно образуется хрупкий мартенсит, и она распространяется по сечению почти без сопротивления. В связи с некоторой пластичностью даже нестабильного аустенита возможно отклонение от абсолютно хрупкого разрушения сердцевины, но это не оказывает существенного влияния на несущую способность материала.

Анализ диаграммы нагружения образца №4 (см. рис. 2) показывает, что гипотеза о первоначальном хрупком разрушении поверхностного слоя образца правдоподобна. Хрупкое разрушение начинается в точке 1. В точке 2 хрупкое разрушение прекращается, т.к. трещина доходит до того места, где содержание аустенита достаточно велико. От точки 2 нагрузка также непрерывно уменьшается, но отклонение линии от вертикали свидетельствует о некоторой пластической деформации материала в процессе прохождения трещины. На участке 3-4 рост трещины временно затормозился, и имела место чистая пластическая деформация, однако уже в точке 4 произошёл хрупкий долом 4-5. Участок 5-6 качественно аналогичен участку 2-3.

Достаточно продолжительный горизонтальный участок 6-7 с деформацией около 2 мм без падения нагрузки свидетельствует о чистой пластической деформации материала. Этот участок нехарактерен для сердцевины образца (см. вид кривой от точки 2 до точки 6). Анализ излома образца показывает, что трещина вышла на шов и затормозилась на нём (стрелка 1 на рис. 3). Моменту выхода трещины на шов соответствует точка 6 (см. рис. 2). Очевидно, что окончательное разрушение произошло по площадке 2, которая и работала на срез на последнем этапе разрушения, пластически деформируясь (участок 6-7 на рис 2).

Таким образом, установлено, что сварка с ускоренным охлаждением термически обработанной стали 120Г3С2 позволяет получать как минимум равнопрочные с основным материалом сварные соединения. Дальнейшая работа может быть направлена на оптимизацию состава сварочных электродов. Вполне вероятно, что наличие пластичной аустенитной прослойки в ЗТВ снимает необходимость использования электродов с большим запасом аустенитности.

Выводы. В работе проведена оценка качества сварных соединений закалённой высокоуглеродистой низколегированной стали, выполненных ручной дуговой сваркой с ускоренным охлаждением. По результатам работы могут быть сделаны следующие выводы.

1. Сварка с ускоренным охлаждением в воде высокоуглеродистой низколегированной стали 120Г3С2 позволяет получать сварные соединения как минимум равнопрочные с основным материалом.

2. Обезуглероженная сталь 120ГЗС2 после закалки от температур в диапазоне 900-1000 °С разрушается в несколько этапов. Вначале происходит хрупкое разрушение тонкого поверхностного слоя с мартенситной структурой. Образовавшаяся трещина работает как концентратор напряжений, последующий долом сечения происходит в основном хрупко с незначительной пластической деформацией материала сердцевины образца.

3. Дальнейшая работа может быть направлена на оптимизацию состава сварочных материалов.

Список использованных источников:

1. Robin F., Lloyd G.C. [ed.] Report on the wear of steels and on their resistance to crushing / F. Robin, G.C. Lloyd – London : The Iron and Steel Institute, 1916. – 298 p.
2. Хрущов М. М. Исследования изнашивания металлов / М. М. Хрущов, М. А. Бабичев. - М. : Изд-во АН СССР, 1960. - 352 с.
3. Хрущов М. М. Абразивное изнашивание / М. М. Хрущов, М. А. Бабичев. - М. : Наука, 1970. - 252 с.
4. Попов В.С. Износостойкость прессформ огнеупорного производства / Попов В. С., Брыков Н. Н., Дмитриченко Н. С. - М. : Металлургия, 1971. - 160 с.
5. Долговечность оборудования огнеупорного производства / [Попов В. С., Брыков Н. Н., Дмитриченко Н. С., Приступа П. Г.]. – М. : Металлургия, 1978. - 232 с.
6. Брыков Н. Н. Влияние условий изнашивания на степень упрочнения и износостойкость метастабильных аустенитных сплавов / Н. Н. Брыков, Г. А. Пугачев, М. Н. Брыков // Problems of Tribology. - 2003. - N. 4. - С. 158-173.
7. Д.С.Горяинов, С.Н.Балакиров, А.А.Гусев. Исследование процесса лазерной сварки стали У10А // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. - № 4(2). – С.231-236.
8. Structure of high-carbon steel after welding with rapid cooling / [Kalinin Yu., Brykov M., Petryshynets I.] // Acta Metallurgica Slovaca. – 2019. – V. 25. - № 2. - P.114-122.
9. Калинин Ю. А., Шумилов А. А., Петришинец И., Ефременко В.Г., Брыков М. Н. Структура околосварочной зоны закалённой высокоуглеродистой стали после сварки с ускоренным охлаждением // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2019. - №1. – С.31-36.
10. Хессе О. Износостойкость обезуглероженного слоя высокоуглеродистой низколегированной стали в экстремальных условиях трения / О. Хессе, М. Кунерт, В.Г. Ефременко, К. Шимицу, М.Н. Брыков, А.Е. Капустян // Наукові нотатки. - 2017. - Вип. 58. - С. 301-307.

Стаття надійшла до редакції 14.09.2019

УДК: 621.01 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.11

С.О. Кошель, Г.В. Кошель

Київський національний університет технологій та дизайну

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДНИХ МЕХАНІЗМІВ ТРЕТЬОГО ТА ЧЕТВЕРТОГО КЛАСІВ

Розглянуто структурне дослідження складних плоских механізмів третього та четвертого класі зі степенем вільності $W=1$, що базуються на основі різних можливих видів структурних групи третього та четвертого класу, які ураховують кількість і певний характер кінематичних пар та їх місце розташування в групі. Структурний аналіз зроблено за допомогою способу умовної зміни ведучої ланки механізму, який дозволяє отримати формули будов кінематично-еквівалентних механізмів другого або третього класів, що дозволяє з'ясувати послідовність визначення кінематичних параметрів точок та ланок механізмів відповідного класу, спростити кінематичний аналіз та збільшити точність результатів дослідження.

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

С.О. Кошель, А.В. Кошель

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ СЛОЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО КЛАССОВ

Рассмотрено структурное исследование сложных плоских механизмов третьего и четвертого классов со степенью свободы $W = 1$, базирующиеся на основе различных видов структурных групп третьего и четвертого классов, которые учитывают количество и определенный характер кинематических пар и их местоположение в группе. Структурный анализ сделан с помощью способа условной замены ведущего звена механизма, который позволяет получить формулы строения кинематически-эквивалентных механизмов второго или третьего классов, позволяет выяснить последовательность определения кинематических параметров точек и звеньев механизмов соответствующего класса, упростить кинематический анализ и увеличить точность результатов исследования.

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

S. Koshel, A. Koshel

STRUCTURAL ANALYSIS OF THE COMPLEX MECHANISMS OF THE THIRD AND FOURTH CLASSES

A structural study of complex plane mechanisms of the third and fourth classes with a degree of freedom $W = 1$, based on various possible types of structural groups of the third and fourth classes, which take into account the number and specific nature of kinematic pairs and their location in the group. Structural analysis is made by a method of conditional change of the leading link of the mechanism, which allows to obtain formulas of structures of kinematically equivalent mechanisms of the second or third classes, which allows to find out the sequence of determination of kinematic parameters of points and links of mechanisms of the corresponding class, to simplify the kinematic analysis and to increase the accuracy of the results of the study.

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

Постановка проблеми.

Вдосконалення існуючого технологічного обладнання легкої промисловості та проектування нових машин пов'язано з досконалістю методів аналізу структурних груп ланок плоских механізмів, з яких останні складаються. Найбільш розробленими є методи дослідження груп, до складу яких надходять дві ланки та три кінематичні пари. Знайдені та достатньо відомі традиційні методи аналізу структурних груп з чотирма ланками та шістьма кінематичними парами, що утворюють групи третього класу, на основі яких можна структурно синтезувати механізми відповідного класу.

Структурні групи вищого класу, до складу яких надходять чотири, шість або більше ланок з відповідною кількістю кінематичних пар з одного боку вже використовуються або мають перспективи до застосування в механізмах технологічного обладнання легкої промисловості, з іншого – не мають розроблених універсальних методів кінематичного та динамічного досліджень. Пов'язано таке з різноманіттям видів структурних груп, які можуть бути утворені чотирма, а в особливості шістьма та більшою кількістю ланок та відповідними їм кінематичними парами.

Недостатня розробка способів структурного аналізу таких груп є фактором стримування їх використання в технологічному обладнанні машинобудівельних галузей виробництва, зокрема, в машинобудуванні легкої промисловості, тому дослідження, які пов'язані з структурним аналізом складних плоских механізмів є актуальними в сучасних умовах розвитку теорії будови механізмів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням практичного використання та теоретичного дослідження структурних, кінематичних та динамічних параметрів плоских

складних механізмів вищих класів присвячена значна кількість публікацій останніх років. Так патентами на корисну модель [1, 2, 3] захищено право використання систем багатоланкових структурних груп ланок в певних механізмах практичного характеру застосування. Питанням теоретичного дослідження механізмів вищого класу присвячується ряд робіт, в яких розглядаються задачі структурно-оптимізаційного синтезу складного механізму з можливим вистояванням веденої ланки [4], кінематичного та силового аналізу складної структурної групи ланок, що утворюють замкнений контур зі змінними геометричними параметрами [5], задач теоретичного аналізу механізму шостого класу [6, 7], зокрема механізмів обладнання легкої промисловості [8, 9].

Постановка завдань. Метою роботи є структурне дослідження механізмів третього та четвертого класів різних варіантів, що складаються з структурних груп, до складу яких надходить чотири ланки та шість кінематичних пар, яке б дозволило отримати структурні формули будов складних плоских механізмів, що досліджуються з урахуванням властивостей структурних схем змінювати клас механізму в залежності від обраної іншої можливої вхідної ланки механізму.

Дослідженню підлягають структурно можливі механізми третього та четвертого класів різних видів на основі структурних груп ланок третього класу третього порядку та четвертого класу другого порядку.

Отримані результати у вигляді формул будов механізмів дозволять по-перше розробити послідовність дій для подальшого кінематичного дослідження параметрів точок, що співпадають з геометричними центрами кінематичних пар структурних груп механізмів, а по-друге – спростити такі дослідження в зв'язку з можливістю визначення оптимального варіанту початкового механізму в формулі будови механізму, для якого клас механізму, що досліджується набуває найменшої можливої величини.

Викладення основного матеріалу. Розглянемо різні модифікації структурних груп третього (рис. 1) та четвертого класів (рис. 2), що складаються з чотирьох ланок (2 - 5) та з шести кінематичних пар п'ятого класу.

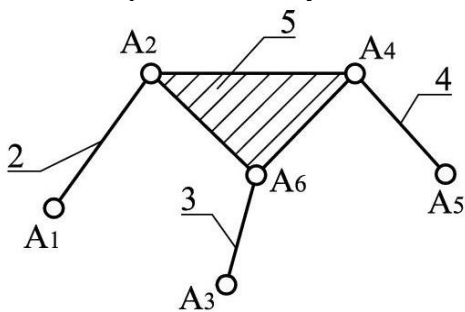


Рис. 1. Структурна група третього класу з шістьма обертальними парами

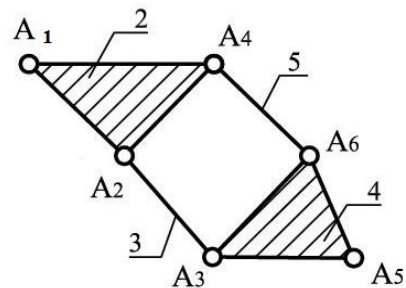


Рис. 2. Структурна група четвертого класу з шістьма обертальними парами

Для групи третього класу маємо такі варіанти структурних груп:

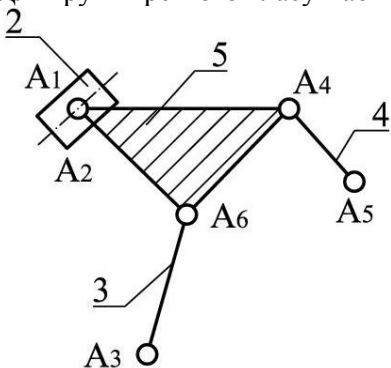


Рис. 1.1. Структурна група третього класу з однією поступальною парою

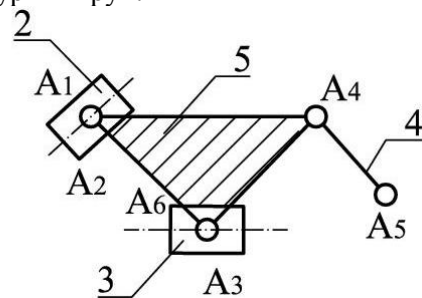


Рис. 1.2. Структурна група третього класу з двома поступальними парами

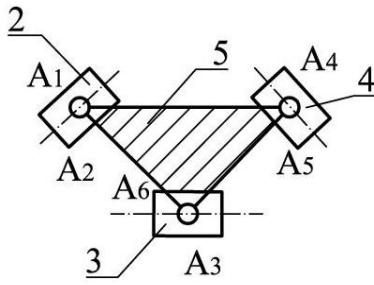


Рис. 1.3. Структурна група третього класу з трьома поступальними парами

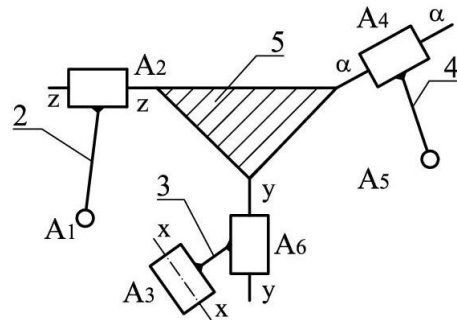


Рис. 1.4. Структурна група третього класу з чотирма поступальними парами

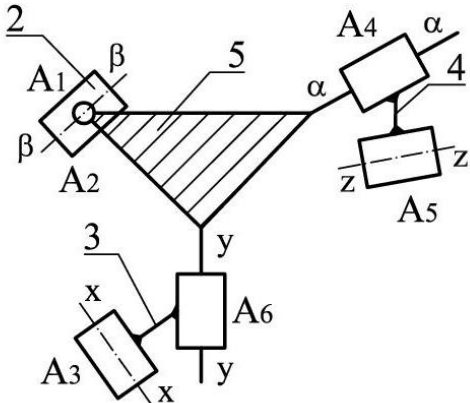


Рис. 1.5. Структурна група третього класу з п'ятьма поступальними парами

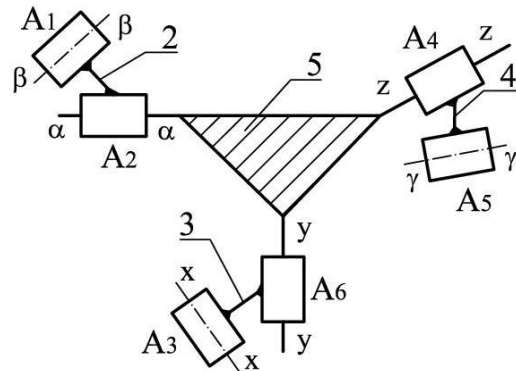


Рис. 1.6. Структурна група третього класу з шістьма поступальними парами

Для групи четвертого класу маємо такі варіанти структурних груп:

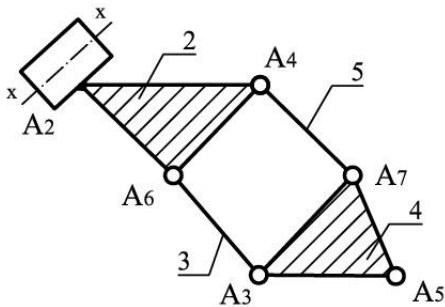


Рис. 2.1. Структурна група четвертого класу з однією поступальною парою

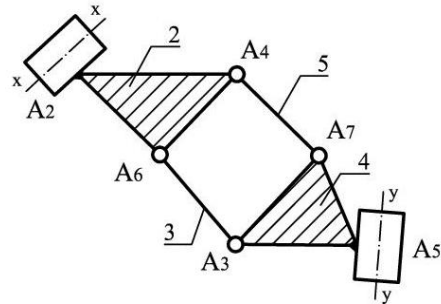


Рис. 2.2. Структурна група четвертого класу з двома поступальними парами

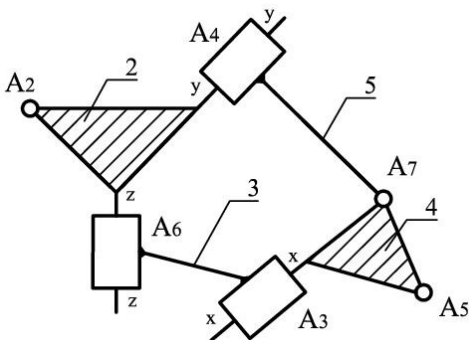


Рис. 2.3. Структурна група четвертого класу з трьома поступальними парами

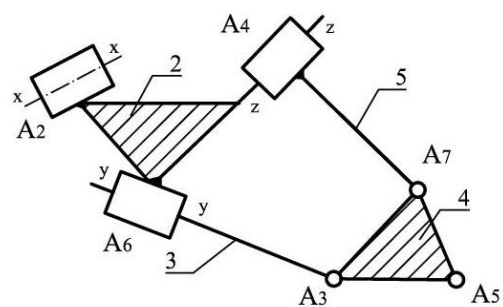


Рис. 2.4. Структурна група четвертого класу з трьома поступальними парами

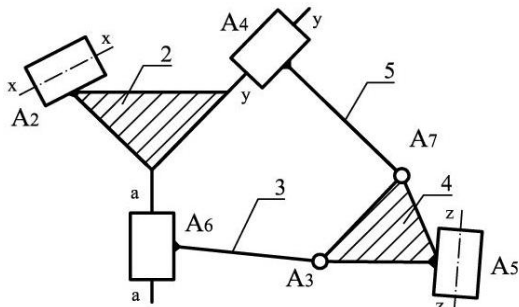


Рис. 2.5. Структурна група четвертого класу з чотирма поступальними парами

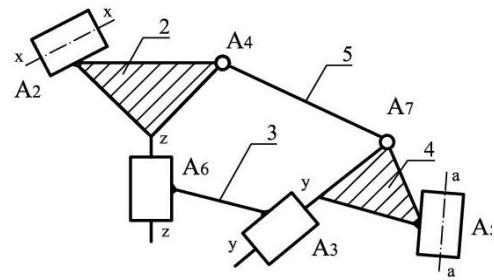


Рис. 2.6. Структурна група четвертого класу з чотирма поступальними парами

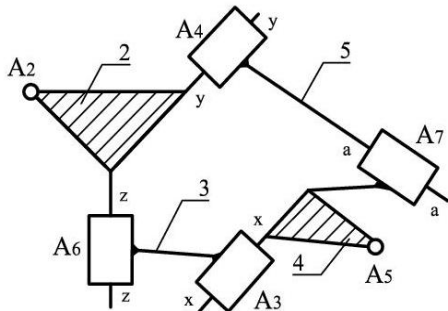


Рис. 2.7. Структурна група четвертого класу з чотирма поступальними парами

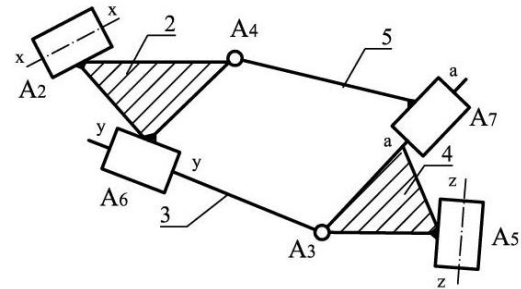


Рис. 2.8. Структурна група четвертого класу з чотирма поступальними парами

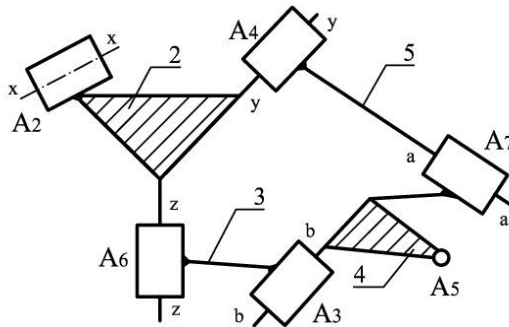


Рис. 2.9. Структурна група четвертого класу з п'ятьма поступальними парами

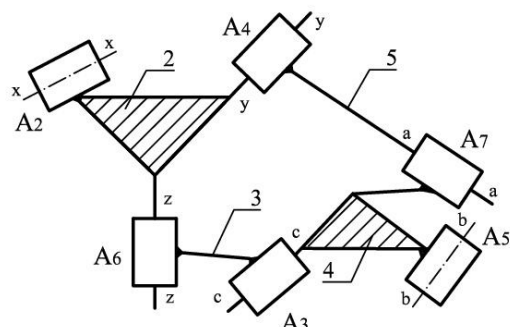


Рис. 2.10. Структурна група четвертого класу з шістьма поступальними парами

Для визначення послідовності дослідження механізмів на основі наведених варіантів структурних груп третього класу (рис. 1.1 - 1.6) згідно з умовною зміною ведучої ланки будемо вважати, що дійсна ведуча ланка 1 механізму (кривошип) утворює з ланкою 2 групи кінематичну пару A_1 , а дві інші зовнішні кінематичні пари A_3 , A_5 утворені відповідними ланками 3, 4 структурної групи та стояком 0. Якщо для механізмів на основі наведених структурних груп вважати умовно іншою ведучою ланкою кривошип 4, формули будов механізмів, що є кінематично-еквівалентними механізмам третього класу набувають вигляду:

1клас \rightarrow 2клас 2порядок 1вид \rightarrow 2клас 2порядок 3вид - структурна схема рис 1.1;
(лланк 0,4) (лланк 3,5) (лланк 1,2)

1клас \rightarrow 2клас 2порядок 2вид \rightarrow 2клас 2порядок 3вид - структурна схема рис 1.2;
(лланк 0,4) (лланк 3,5) (лланк 1,2)

1клас \rightarrow 2клас 2порядок 2вид \rightarrow 2клас 2порядок 3вид - структурна схема рис 1.3;
(лланк 0,4) (лланк 3,5) (лланк 1,2)

1клас \rightarrow 2клас 2порядок 6вид \rightarrow 2клас 2порядок 2вид - структурна схема рис 1.4;
(лланк 0,4) (лланк 3,5) (лланк 1,2)

1клас → 2клас 2порядок бвид → 2клас 2порядок 3вид - структурна схема рис 1.5;
(лланк 0,4) (лланк 3,5) (лланк 1,2)

1клас → 2клас 2порядок бвид → 2клас 2порядок 5вид - структурна схема рис 1.6.
(лланк 0,4) (лланк 4,5) (лланк 1,2)

Для визначення послідовності дослідження механізмів на основі наведених варіантів структурних груп четвертого класу (рис. 2.1 - 2.10) згідно з умовною зміною ведучої ланки будемо вважати, що дійсна ведуча ланка 1 механізму (кривошип) утворює з ланкою 2 групи кінематичну пару A_2 , а інша зовнішня кінематичні пари A_5 утворена ланкою 4 структурної групи та стояком 0. Якщо для механізмів на основі наведених структурних груп вважати умовно іншою ведучою ланкою кривошип 4, формули будов механізмів, що є кінематично-еквівалентними механізмам четвертого класу набувають вигляду:

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1,2,3,5; 1 внутрішня поступальна пара) - структурна схема рис 2.1;

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1,2,3,5; 1 внутрішня поступальна пара) - структурна схема рис 2.2;

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1,2,3,5; 1 зовнішня , 2 внутрішні поступальні пари)
- структурна схема рис 2.3;

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1,2,3,5; 3 внутрішні поступальні пари)
- структурна схема рис 2.4;

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1,2,3,5; 3 внутрішні поступальні пари)
- структурна схема рис 2.5;

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1,2,3,5; 1 зовнішня , 2 внутрішні поступальні пари)
- структурна схема рис 2.6;

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1,2,3,5; 2 зовнішні , 2 внутрішні поступальні пари)
- структурна схема рис 2.7;

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1,2,3,5; 1 зовнішня , 2 внутрішні поступальні пари)
- структурна схема рис 2.8;

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1,2,3,5; 2 зовнішні , 3 внутрішні поступальні пари)
- структурна схема рис 2.9;

1клас(0,4) → 3клас 3порядок (1,2,3,5; 2 зовнішні , 3 внутрішні поступальні пари)
- структурна схема рис 2.10 .

Аналіз отриманих формул будов механізмів третього та четвертого класів різних видів на основі структурних груп ланок третього класу третього порядку та четвертого класу другого порядку дозволяє стверджувати, що механізми третього класу можна дослідити в послідовності, яка обумовлена кінематично-еквівалентними механізмами другого класу, а механізми четвертого класу - механізмами третього класу.

Висновки. Зроблено структурне дослідження механізмів третього та четвертого класів на основі можливих варіантів структурних груп третього класу третього порядку та четвертого класу другого порядку за допомогою умовної зміни ведучої ланки механізму. Отримані результати дозволяють спростити кінематичний аналіз таких механізмів та збільшити точність результатів дослідження.

Список використаних джерел:

1. Патент РФ 2201348 Кривошипно-ползунный механизм пресса, авторы Дворников Л.Т., Чужиков О.С., Стариков С.П., 27.03.2003 г.
2. Патент РФ 2303699 Секция механизированной крепи, авторы Дворников Л.Т., Князев А.С., Стариков С.П., 27.07.2007 г.
3. Патент РФ 2332260 Двухщекковая дробильная машина, авторы Дворников Л.Т., Стариков С.П., 27.08.2008 г.
4. Кикин А.Б. Аналитико-оптимизационный синтез шестизвенного механизма с выстоем / А.Б. Кикин, Э.Е. Пейсах // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 5. – С. 79-83.
5. Дворников Л.Т. Исследование кинематики и кинестатики плоской шарнирной шестизвенной группы Ассура с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром/ Л.Т. Дворников, С.П. Стариков // Известия ВУЗов, «Машиностроение». – 2008. – №4. – С. 3 – 10.
6. Чашников Д.О. Кинематическое исследование плоского восьмизвенного механизма шестого класса с поступательной парой / Д.О. Чашников, В.В. Горяшин // Успехи современного естествознания. – 2011. - №7. – С. 231 – 232.
7. Чашников Д.О. Кинематическое исследование плоского восьмизвенного механизма шестого класса с поступательной парой аналитическим методом / Д.О. Чашников, В.В. Горяшин // Успехи современного естествознания. - 2012. - №6. – С. 158 – 159.
8. Гебель Е. С. Моделирование кинематики механизма игл основовязальной машины / Е. С. Гебель, Е. В. Солонин // Сборник материалов X междунар. научно-практ. конф. «Теоретические знания в практические дела»: в 2 ч. – Омск.: Филиал ГОУ ВПО «РосЗИТЛП» в г. Омске, - 2009. Ч. 2. – С. 211 – 215.
9. Кикин А.Б. Синтез рычажных механизмов для привода нитераскладчика мотальной машины / А.Б. Кикин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2005. – № 1. – С. 115 – 119.

Рецензенти:

Місяць Володимир Петрович, професор кафедри Прикладної механіки та машин Київського національного університету технологій та дизайну, доктор технічних наук, професор

Защепкіна Наталія Миколаївна, в.о. завідувача кафедри наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доктор технічних наук, професор.

Стаття надійшла до редакції 10.09.2019

УДК 681.3(03) DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.12

Ю.М. Кузнєцов*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***ЕТАПИ ЕВОЛЮЦІЇ ТВОРЧОГО МИСЛЕННЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ПРИКЛАДІ СИНТЕЗУ ЦАНГОВИХ ПАТРОНІВ**

Наведена історія поступового нарощування елементів штучного інтелекту в процесі творчого мислення при створенні принципово нових структур і схем затискних патронів на прикладі цангових. Процес мислення на останніх етапах використання штучного інтелекту представлений у вигляді двійкового коду і хвиль частотних імпульсів, що нагадують роботу мозку людини з виникненням резонансних явищ.

Ключові слова: творче мислення, штучний інтелект, цангові затискні патрони, еволюція

Ю.Н. Кузнєцов**ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРИМЕРЕ СИНТЕЗА ЦАНГОВЫХ ПАТРОНОВ**

Приведена история постепенного наращивания элементов искусственного интеллекта в процессе творческого мышления при создании принципиально новых структур и схем зажимных патронов на примере цанговых. Процесс мышления на последних этапах применения искусственного интеллекта представлен в виде двоичного кода и волн частотных импульсов, напоминающих работу мозга человека с возникновением резонансных явлений.

Ключевые слова: творческое мышление, искусственный интеллект, цанговые зажимные патроны, эволюция.

Yu.N. Kuznetsov**THE STAGES OF EVOLUTION OF CREATIVE THOUGHT WITH ELEMENTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON EXAMPLE OF SYNTHESIS OF COLLETS**

History of gradual increase of elements of artificial intelligence is resulted in the process of creative thought at creation of on principle new structures and charts of clamping cartridges on the example of cangovykh. Thinking process on the lasts of great-time of application of artificial intelligence presented as a binary code and waves of frequency impulses, reminding cerebration.

Key words: creative thought, artificial intelligence, collets, evolution.

Постановка проблеми. Основною рисою сучасності є виклики перед людством четвертої промислової революції Індустрія 4.0 з орієнтацією на штучний інтелект і інтеграцію науки, освіти, виробництва та соціальної сфери для досягнення таких цілей, як: 1-підвищення продуктивності; 2-підвищення якості; 3-зниження енергетичних і сировинних витрат при збереженні екології; 4-скорочення і полегшення ручної праці; 5-полегшення і скорочення рутинної розумової праці; 6-розширення функціональних і технологічних можливостей обладнання при модернізації. Не всі однозначно сприймають виклики часу, стримуючи прогрес. Проте раніш віддані нищівній критиці кібернетика і генетика проклали шлях до пізнання нового і їх міждисциплінарного застосування при створенні нової техніки і нових технологій. Нові наукові ідеї і винаходи, як правило, намагаються в короткий термін впровадити в народне господарство і соціальну сферу для зростання добробуту і якості життя людей. Рішення цієї актуальної проблеми при відсутності повної інформації змушує активізувати процес творчого (креативного) мислення завдяки використанню систем штучного інтелекту [1,7,12,13,15,18,23]. Процес творчого мислення людини пов'язаний з великою кількістю перешкод, оскільки проблема мислення немає однозначного тлумачення і охоплює широкий діапазон дій лівої і правої півкуль людського мозку від альтернативно-логічного до інтуїтивно-практичного мислення. Стосовно затискних механізмів (ЗМ) з компактними цанговими патронами (ЦП) творче мислення було спрямовано на пошук технічних рішень (рис.1) при створенні в кінці XIX століття перших одношпindelних і багатошпindelних токарних автоматів [20,22,24].

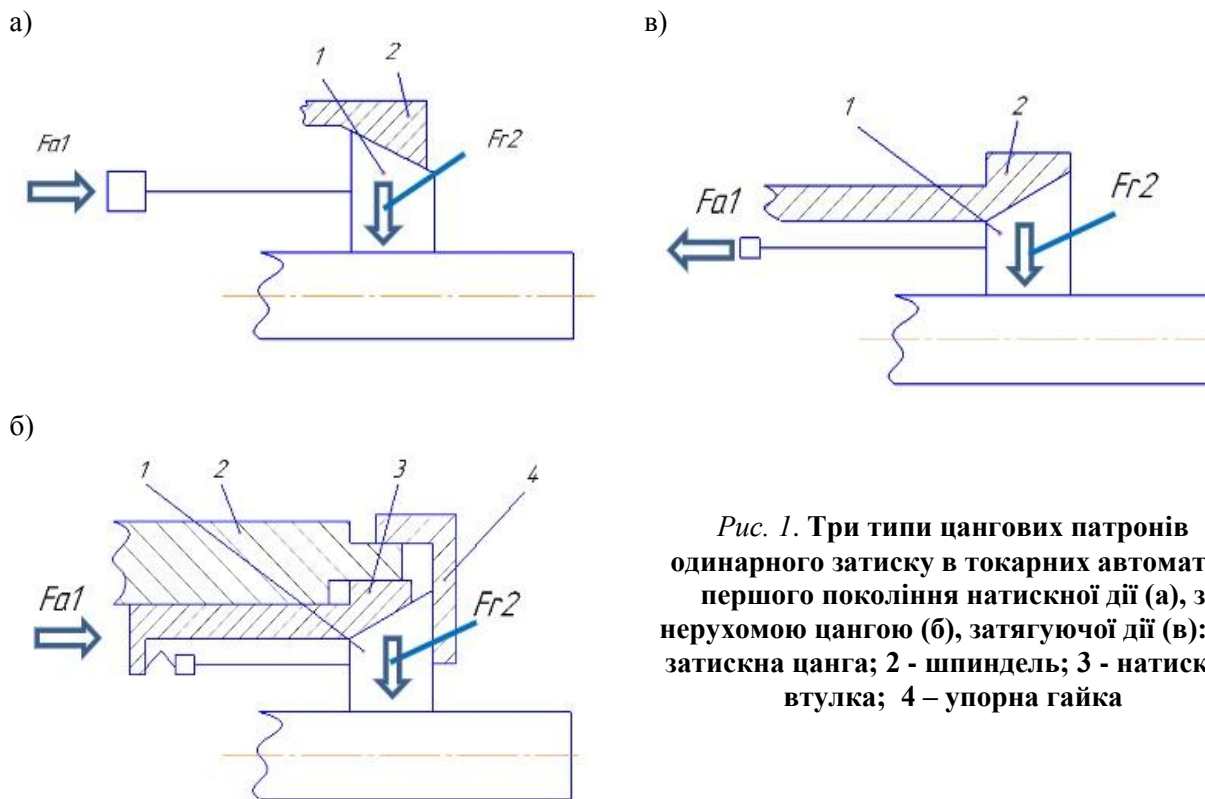


Рис. 1. Три типи цангових патронів одинарного затиску в токарних автоматах першого покоління натискної дії (а), з нерухомою цангою (б), затягуючої дії (в): 1 - затискна цанга; 2 - шпиндель; 3 - натискна втулка; 4 – упорна гайка

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Коло питань, що стосуються штучного інтелекту, безмежно широке і не може бути охоплено однією роботою. Тому в даній роботі мова буде йти про обмежену сферу творчої діяльності, яка пов'язана із затискними патронами і, зокрема, цанговими, що отримали широке застосування в токарних автоматах для затиску прутків, труб і штучних заготовок [8,17,20,22,24]. Крім того, цанги і цангові патрони використовуються не тільки в різних верстатах і технологічному обладнанні, але в побуті, медицині, тощо.

Багаторічний досвід автора і міждисциплінарний підхід з використанням теорії еволюції [2,5,21], досягнень в генетиці [6], кібернетиці [3,4], креатології [14] і методології творчості [1], де поряд з асоціативними і алгоритмічними методами пошуку рішень велику долю займає системно-морфологічний підхід [1,9,25], дозволив за короткий термін наблизитися до реального осмислення роботи головного мозку і дії його правої півкулі, відштовхуючись від ідей, які, на перший погляд, здаються химерними і були оголошені в кількох розділах докторської дисертації [8].

Постановка завдань. Мета даної роботи – прослідкувати етапи еволюційного розвитку і обґрунтувати принципи творчого мислення на прикладі пошуку затискних патронів (ЗП), як процесу творчого аналізу і синтезу з наступною реалізацією пошуку нових технічних рішень в системах штучного інтелекту.

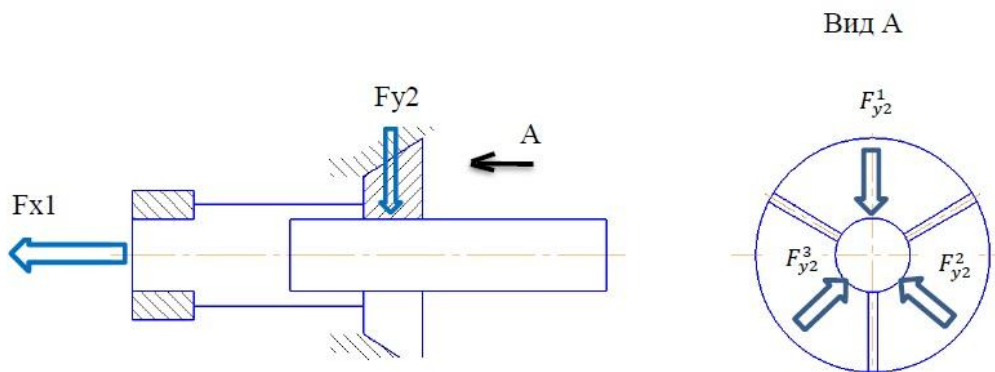
Викладання основного матеріалу. Починаючи з сьомої декади ХХ століття (рис.2), коли був запропонований спеціалізований метод пошуку нових технічних рішень, названий диференціально-морфологічним методом синтезу, прослідкуємо етапи еволюції творчого мислення з нарощуванням елементів штучного інтелекту.



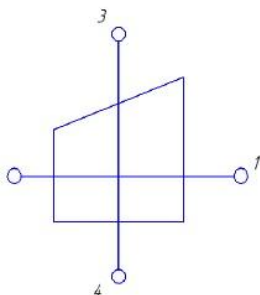
Рис.2. Еволюція творчого мислення при синтезі і генетичному передбаченні цангових та інших затискних патронів

Суть диференційно-морфологічного методу [8,17] полягає в тому, що для вирішення протиріч на етапі пошуку структур (морфології) ЗМ і, зокрема, ЗП, використовують евристичні прийоми повного, неповного і комбінованого розчленування затискного елемента (ЗЕ) (рис.3), що дає різні основні і додаткові ефекти, а при односпрямованому розчленуванні синтезовані структури відповідають новим принципам затиску або забезпечують нові якості.

а)



б)



в)

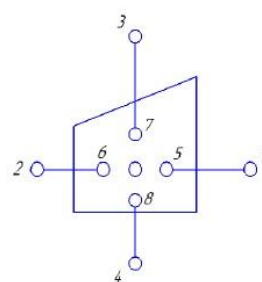


Рис. 3. Схема цангового патрону одинарного затиску затягуючої дії (а) і його клинового ЗЕ з варіантами повного (б) і неповного (в) розчленування в площині X, Y

Для ідентифікації різних структур були використані літерні і цифрові коди розчленувань, проілюстрований на прикладі повних (рис.4), що дає різні ефекти (рис.5).

№	Геометричний символ	Код	
		Літерний	Цифровий
1	● ⁰	X0Y0	0
2	—	X0 <u>X</u>	102
3		Y0 <u>Y</u>	304
4	└	<u>X</u> 0Y	203
5	┐	<u>X</u> 0 <u>Y</u>	204
6	└	Y0X	103
7	┐	<u>Y</u> 0X	104
8	└	<u>X</u> 0Y0 <u>Y</u>	20304
9	┐	X0Y0 <u>Y</u>	10304
10	└	X0 <u>X</u> 0Y	10203
11	┐	X0 <u>X</u> 0 <u>Y</u>	1020 <u>3</u>
12	+	X0 <u>X</u> 0Y0 <u>Y</u>	1020304

Рис. 4. Коди повних розчленувань клинового затискного елемента (ЗЕ) в площині ХУ дії сили від приводу затиску [8]

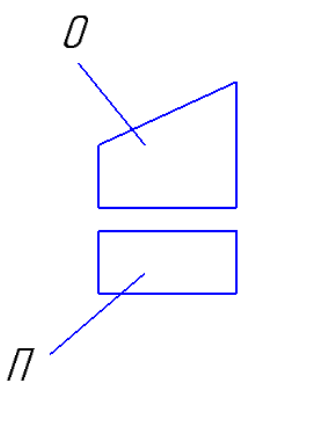
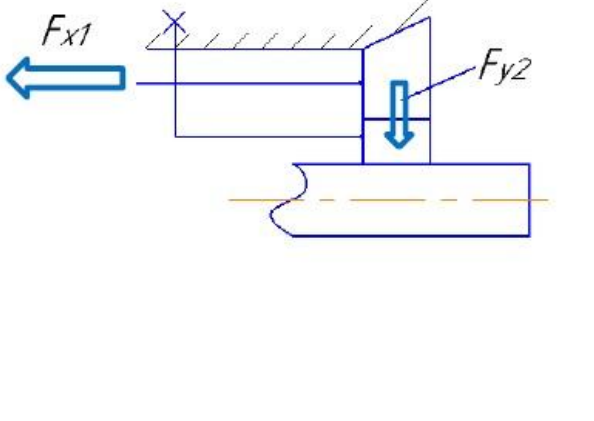
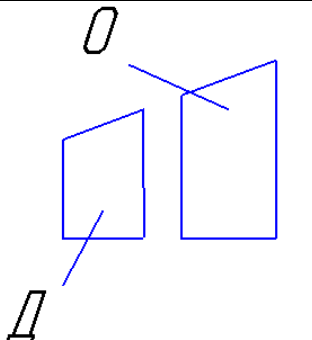
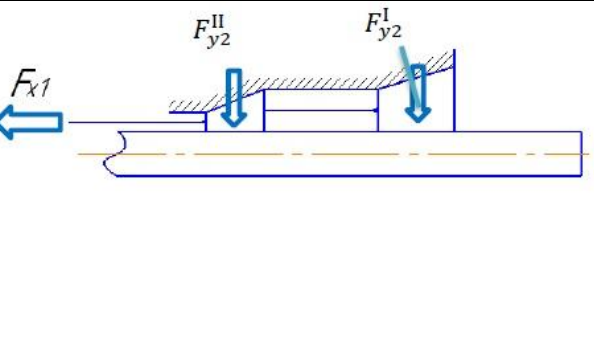
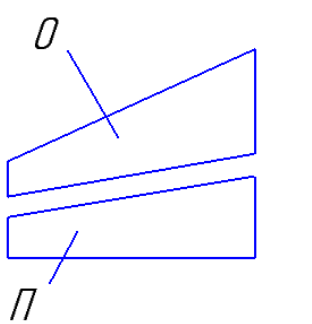
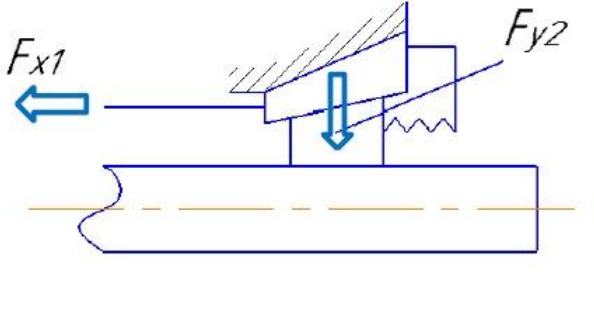
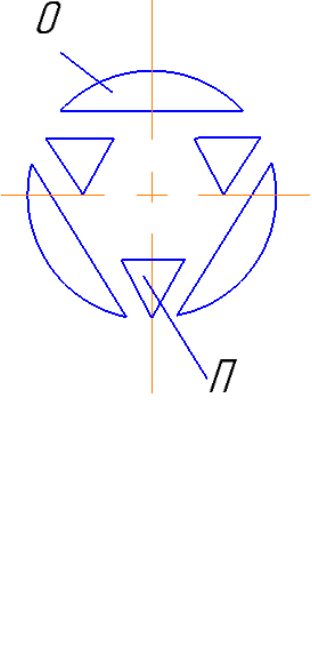
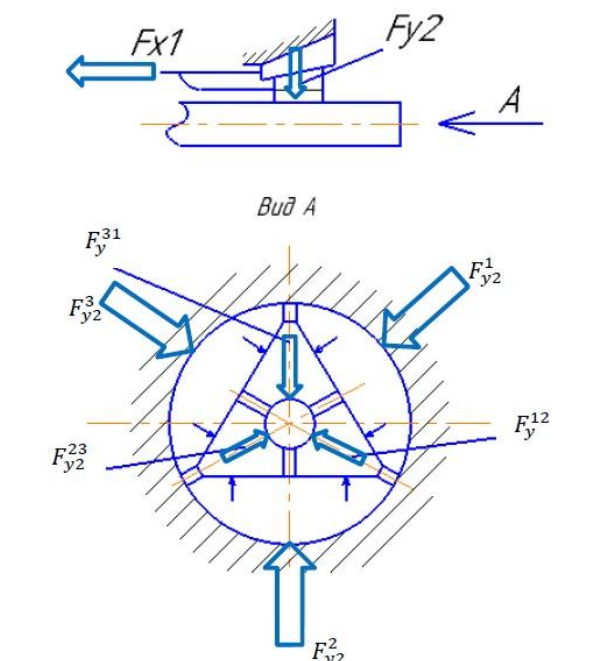
Структура	Основний ефект	Приклад конструктивної схеми
	Висока осьова точність	
	Висока радіальна жорсткість	
	Самонастроювання на діаметр	
	Широкодіапазонність (мультиплікація руху)	

Рис.5. Отримані ефекти повних розчленувань клинового затискного елемента при синтезі цангових патронів затягуючої дії: О – основний ЗЕ; Д - додатковий ЗЕ; П – проміжний ЗЕ

Наступним кроком до творчого мислення став новий погляд в механіці на матеріальну точку як носія генетичної інформації [9]. Це дало можливість створити узагальнену класифікацію (породжувальну систему) різних принципів дії при затиску (загальна кількість 48) (табл.1), виконувати цілеспрямований синтез і передбачити появу невідомих до цього часу ЗМ і ЗП, що наведено в роботі [19] при використанні 5-ти універсальних генетичних операторів синтезу: реплікації, інверсії, схрещування, кросинговера, мутації. Саме завдяки мутації еволюційно здійснений відбір для подальшого розповсюдження (рис.6) третього типу затискних ЦП з попередньо створених (рис.1,в).

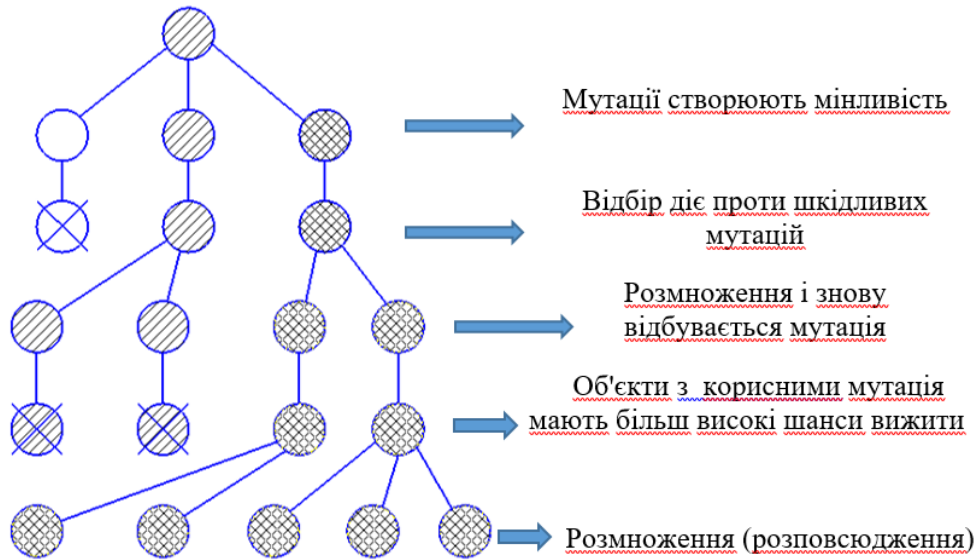
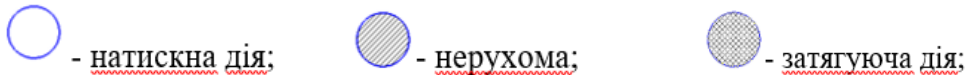





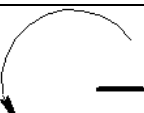
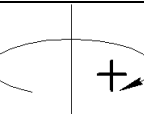


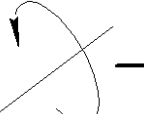
Рис. 6 Природний відбір цангових затискних патронів одинарного затиску для токарних автоматів внаслідок мутації з позначеннями:



Таблиця 1

Породжувальна система ЗМ одинарного затиску в циліндричній системі координат

Від джерела енергії		Вид зусилля (момент)	Вихід до об'єкту затиску				
			Вихідне зусилля F_2				
			Осьове F_{a2}		Радіальне F_{r2}		
Напрямок							
Вхід	Вхідне зусилля F_{a1}	Осьове F_{a1}		$F_{a1} - F_{a2}$	$F_{a1} - \underline{F}_{a2}$	$F_{a1} - F_{r2}$	$F_{a1} - \underline{F}_{r2}$
				$\underline{F}_{a1} - F_{a2}$	$\underline{F}_{a1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{F}_{a1} - F_{r2}$	$\underline{F}_{a1} - \underline{F}_{r2}$
	Радіальне F_{r1}			$F_{r1} - F_{a2}$	$F_{r1} - \underline{F}_{a2}$	$F_{r1} - F_{r2}$	$F_{r1} - \underline{F}_{r2}$
				$\underline{F}_{r1} - F_{a2}$	$\underline{F}_{r1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{F}_{r1} - F_{r2}$	$\underline{F}_{r1} - \underline{F}_{r2}$

Вхідний момент M_1	Тангенціальне F_{t1}		$F_{t1} - F_{a2}$	$F_{t1} - \underline{F}_{a2}$	$F_{t1} - F_{r2}$	$F_{t1} - \underline{F}_{r2}$	
			$\underline{F}_{t1} - F_{a2}$	$\underline{F}_{t1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{F}_{t1} - F_{r2}$	$\underline{F}_{t1} - \underline{F}_{r2}$	
	Навколо осі обертання M_{a1}		$M_{a1} - F_{a2}$	$M_{a1} - \underline{F}_{a2}$	$M_{a1} - F_{r2}$	$M_{a1} - \underline{F}_{r2}$	
			$\underline{M}_{a1} - F_{a2}$	$\underline{M}_{a1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{M}_{a1} - F_{r2}$	$\underline{M}_{a1} - \underline{F}_{r2}$	
	Навколо радіусу M_{r1}		$M_{r1} - F_{a2}$	$M_{r1} - \underline{F}_{a2}$	$M_{r1} - F_{r2}$	$M_{r1} - \underline{F}_{r2}$	
			$\underline{M}_{r1} - F_{a2}$	$\underline{M}_{r1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{M}_{r1} - F_{r2}$	$\underline{M}_{r1} - \underline{F}_{r2}$	
	В площині осі обертання M_{t1}		$M_{t1} - F_{a2}$	$M_{t1} - \underline{F}_{a2}$	$M_{t1} - F_{r2}$	$M_{t1} - \underline{F}_{r2}$	
			$\underline{M}_{t1} - F_{a2}$	$\underline{M}_{t1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{M}_{t1} - F_{r2}$	$\underline{M}_{t1} - \underline{F}_{r2}$	
	Принцип затиску			Торцевий		Радіальний	

Одним з шляхів творчого мислення була спроба структурно-схемного синтезу і передбачення нових ЗМ з використанням морфологічного підходу і комбінаторних алгоритмів [11], які представляють комбінаторні обчислювання з набору спеціальних методів і прийомів, наприклад, двійкову систему наявності або відсутності елементів в системі ЗМ, що удосконалюється або спрощується (1-є, 0-немає). Починаючи з перших механізованих осесиметричних ЗМ, які широко використовуються в токарних, свердильних, фрезерних, шліфувальних і багатоцільових верстатах, присутні наступні елементи системи (рис.7): джерело енергії (ДЕ), перетворювачі енергії (ПЕ), привод затиску (ПЗ), затискний патрон (ЗП), об'єкт затиску (ОЗ). Останній може бути штучною, прутковою, трубною чи іншою заготовкою для виготовленої деталі, наприклад, в токарних верстатах, або інструментом (свердлом, фрезою, шліфувальним кругом, тощо).

Таблиця 2.

Генетична класифікація принципів затиску осесиметричних ЗМ, що обертаються, в циліндричній системі координат

Віджерелаенергії		Вид сили (моменту)	Напрямок	Вихід до об'єктузатиску					
				Осьова сила F_{a2}		Радіальна сила F_{r2}		Тангенціальна сила F_{t2}	
Вхід від джерела енергії	Вхідна сила F_1	Осьова сила F_{a1}		$F_{a1}-F_{a2}$	$F_{a1}-\underline{F_{a2}}$	$F_{a1}-F_{r2}$	$F_{a1}-\underline{F_{r2}}$	$F_{a1}-F_{t2}$	$F_{a1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{F_{a1}}-F_{a2}$	$\underline{F_{a1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{F_{a1}}-F_{r2}$	$\underline{F_{a1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{F_{a1}}-F_{t2}$	$\underline{F_{a1}}-\underline{F_{t2}}$
		Радіальна сила F_{r1}		$F_{r1}-F_{a2}$	$F_{r1}-\underline{F_{a2}}$	$F_{r1}-F_{r2}$	$F_{r1}-\underline{F_{r2}}$	$F_{r1}-F_{t2}$	$F_{r1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{F_{r1}}-F_{a2}$	$\underline{F_{r1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{F_{r1}}-F_{r2}$	$\underline{F_{r1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{F_{r1}}-F_{t2}$	$\underline{F_{r1}}-\underline{F_{t2}}$
		Тангенціальна сила F_{t1}		$F_{t1}-F_{a2}$	$F_{t1}-\underline{F_{a2}}$	$F_{t1}-F_{r2}$	$F_{t1}-\underline{F_{r2}}$	$F_{t1}-F_{t2}$	$F_{t1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{F_{t1}}-F_{a2}$	$\underline{F_{t1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{F_{t1}}-F_{r2}$	$\underline{F_{t1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{F_{t1}}-F_{t2}$	$\underline{F_{t1}}-\underline{F_{t2}}$
	Вхідний момент M_1	Навколоосіобертання M_{a1}		$M_{a1}-F_{a2}$	$M_{a1}-\underline{F_{a2}}$	$M_{a1}-F_{r2}$	$M_{a1}-\underline{F_{r2}}$	$M_{a1}-F_{t2}$	$M_{a1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{M_{a1}}-F_{a2}$	$\underline{M_{a1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{M_{a1}}-F_{r2}$	$\underline{M_{a1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{M_{a1}}-F_{t2}$	$\underline{M_{a1}}-\underline{F_{t2}}$
		Навколорадіусу M_{r1}		$M_{r1}-F_{a2}$	$M_{r1}-\underline{F_{a2}}$	$M_{r1}-F_{r2}$	$M_{r1}-\underline{F_{r2}}$	$M_{r1}-F_{t2}$	$M_{r1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{M_{r1}}-F_{a2}$	$\underline{M_{r1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{M_{r1}}-F_{r2}$	$\underline{M_{r1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{M_{r1}}-F_{t2}$	$\underline{M_{r1}}-\underline{F_{t2}}$
		В площиніосіобертання M_{t1}		$M_{t1}-F_{a2}$	$M_{t1}-\underline{F_{a2}}$	$M_{t1}-F_{r2}$	$M_{t1}-\underline{F_{r2}}$	$M_{t1}-F_{t2}$	$M_{t1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{M_{t1}}-F_{a2}$	$\underline{M_{t1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{M_{t1}}-F_{r2}$	$\underline{M_{t1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{M_{t1}}-F_{t2}$	$\underline{M_{t1}}-\underline{F_{t2}}$
Принцип затиску			Торцевий	Радіальний	Тангенціальний				

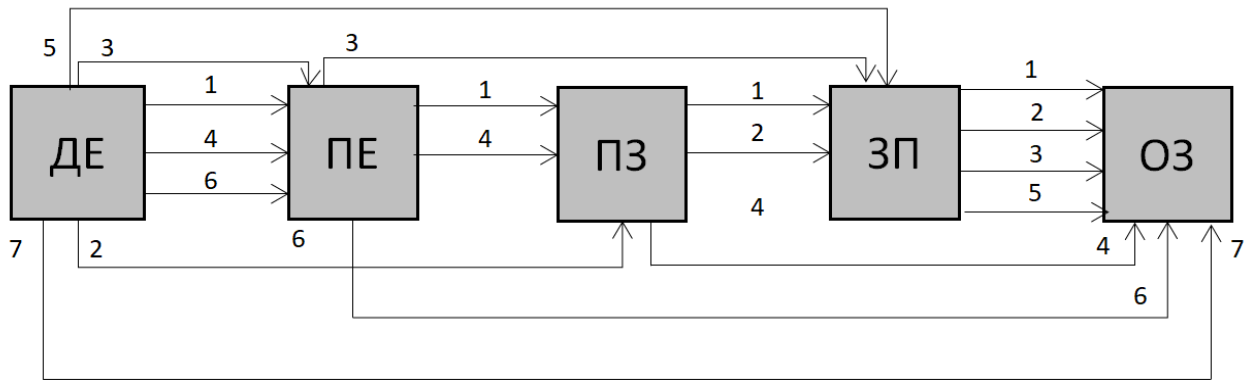


Рис. 7. Елементи системи ЗМ і зв'язки між ними

В будь-якій системі ЗМ обов'язково повинні бути вхід (джерело енергії-вага 1) і вихід (об'єкт затиску-вага 1). Всі інші елементи в послідовному ланцюгу без врахування системи керування (ПЕ, ПЗ, ЗП) в принципі згідно комбінаторики можуть бути і не бути, коли мова йде про спрощення і скорочення ланцюгу.

Згідно теорії еволюційного і генетичного синтезу [2,21] виникає можливість 100% прогнозування і спрямованого синтезу нових ЗМ з використанням породжувальних систем з заданою цільовою функцією [19], що вимагає складних математичних перетворень з побудовою моделей мікро і макроеволюцій, а також написанням громіздких структурних генетичних формул [21]. Тому в роботі запропонований спрощений системно-морфологічний підхід з побудовою цифрової матриці з поступовим вилученням елементів системи при двійковому кодуванні. Таким чином в еволюційному розвитку системи ЗМ можна передбачити від минулого через сучасне до майбутнього при переборі всіх варіантів лише 7 комбінаторних сполучень з наступними кодами: ЗМ1-11111, ЗМ2-10111, ЗМ3-11011, ЗМ4-11101, ЗМ5-10011, ЗМ6-11001, ЗМ7-10001(рис.8). До сих пір у виробництві переважно використовуються системи ЗМ1-ЗМ3, частково ЗМ4. Кожний код дає поштовх для пошуку різних варіантів його реалізації.

Елемент системи / Варіант системи	ДЕ	ПЕ	ПЗ	ЗП	ОЗ
ЗМ1	1	1	1	1	1
ЗМ2	1	0	1	1	1
ЗМ3	1	1	0	1	1
ЗМ4	1	1	1	0	1
ЗМ5	1	0	0	1	1
ЗМ6	1	1	0	0	1
ЗМ7	1	0	0	0	1

Рис.8. Двійкова морфологічна матриця еволюції удосконалення системи ЗМ

Розширення і подальше удосконалення генетико-морфологічного підходу, запропоновано в роботах [9,19] викликане вимогами сучасного інструментального виробництва і потребами розширення технологічних можливостей верстатного обладнання, побудованого на модульному принципі [10]. Тому породжувальна система ЗМ (табл.1) розширена за рахунок введення на виході тангенціальних сил затиску, що породжують ще 24 варіанти нових принципів (табл.2). Для об'єктів, що обертаються, загальна кількість принципів затиску буде складати $48 + 24 = 72$.

Наступним кроком до штучного інтелекту при пошуку нових технічних рішень є використання хвильового і цифрового уявлення у вигляді частотних імпульсів і двійкового коду по аналогії з роботою [12], що представлено на рис.9 в порівнянні з рис.5.

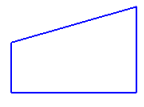

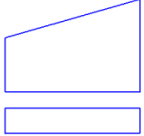

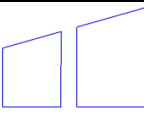

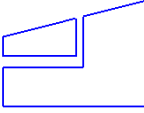

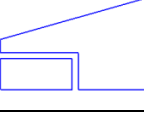

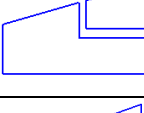
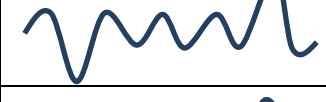


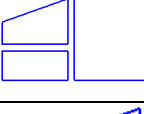



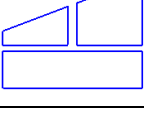
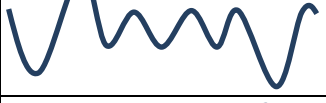
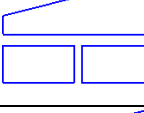
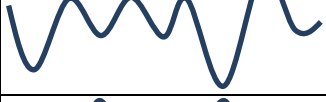
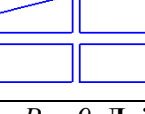

№	Структура	Геометричний символ	Двійковий код	Частотний імпульс
1		●	0 0 0 0 0	
2		—	1 0 0 0 1	
3		┆	0 1 0 1 0	
4		└	1 1 0 0 0	
5		┐	1 0 0 1 0	
6		└┆	0 1 0 0 1	
7		┐┆	0 0 0 1 1	
8		└┐	1 1 0 1 0	
9		┐└	0 1 0 1 1	
10		└┆	1 1 0 0 1	
11		┐┆	1 0 0 1 1	
12		+	1 1 0 1 1	

Рис.9. Двійкові коди і хвильового через частотні імпульси для повних розчленувань клинового ЗЕ в площині ХУ дії сили від приводу затиску

Процес мислення людини-генератора ідей можна уявити, як комбінацію сполучень хвиль частотних імпульсів з сплесками подолання психологічного бар'єру і отримання відгуків в пам'яті і персональному комп'ютері у вигляді частотних імпульсів з однаковими параметрами, в рамках яких можливо виникнення резонансних явищ, що підсилюють імпульс (рис.10 , 11).

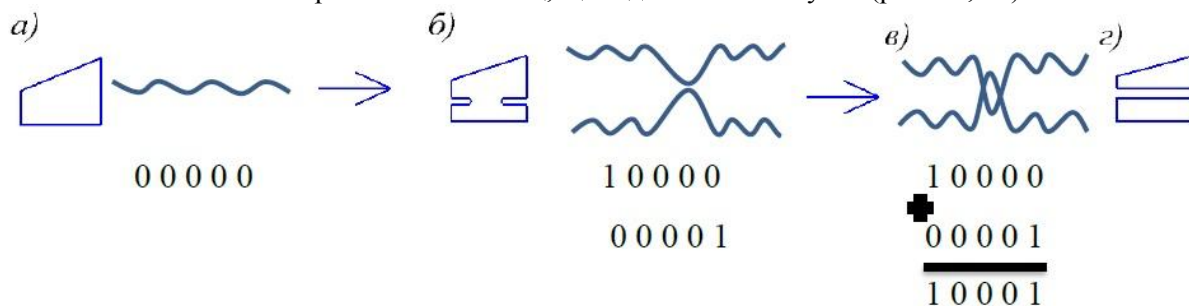


Рис. 10. Трансформація технічних рішень за допомогою хвильового уявлення через частотні імпульси і двійкового коду в площині ХУ

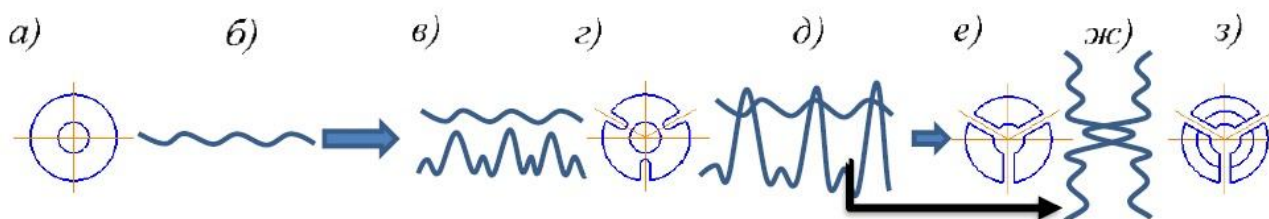


Рис. 11. Трансформація технічних рішень за допомогою хвильового уявлення через частотні імпульси і їх підсилення в площині YZ

Висновок: Аналіз етапів еволюції творчого мислення з елементами штучного інтелекту і запропоновані ідеї і підходи дозволяють стверджувати про реальність використання спрощених систем штучного інтелекту з високим рівнем креативності. Тому роботи в цьому напрямку необхідно продовжити, бо вони відповідають викликам четвертої промислової революції «Індустрія 4.0» перед вченими і промисловиками України.

Список використаних джерел:

1. Автоматизация поискового конструирования (искусственный интеллект в машинном проектировании) /А.И.Половинкин, Н.К.Бобков, Т.Я.Буш и др.; под ред. А.И.Половинкина.-М.: Радио и связь, 1981.-344.
2. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем /Е.П.Балашов.-М.: Радио и связь, 1985.-328с.
3. Брюхович Е.И. К вопросу об информатизации общества //Математические машины и системы.-1997, №2.-С.122-132.
4. Брюхович Е.И. Изоморфизм в эволюционном развитии вычислительной техники//Комп'ютерні засоби, мережі та системи.-2005.-№4.-С.3-9.
5. Вернадский В.И. Биосфера.-М.: Місль, 1967.-323с.
6. Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости.-Л.: Наука, 1987.-267с.
7. Ишлинский А.Ю. Механика: днен, задачи, приложения.-М.: Наука, 1985.-624с.
8. Кузнецов Ю.Н. Синтез зажимных механизмов прутковых автоматов: дис. ... д-р техн. наук /Ю.Н.Кузнецов.-М.: МВТУ им. Н.Э.Баумана, 1984.-515с.
9. Кузнецов Ю.Н. Новый взгляд на материальную точку как носителя генетической информации при создании технических систем //Материалы международной научно-практической конференции «Фундаментальные основы механики. Новокузнецк: НИЦ МС, 2016.-№1.-С.26-40.
10. Кузнецов Ю.Н., Эль-Дахаби Ф.В. Развитие генетико-морфологического подхода при синтезе станочно-инструментальной оснастки //Сб. докладов межд. научн. конф. УНИТЕХ-2018, Габрово, 16-17.11.2018, т.ІІ.- С.183-189.
11. Кузнецов Ю.М., Эль-Дахаби Ф.В. Напрямки удосконалення високоточних високошвидкісних осесиметричних затискних механізмів //Известия ХНТУ №46 (67), 2018.-С.70-75.
12. Настасенко В.А. Системы искусственного интеллекта и возможности связи с процессами творческого мышления //Искусственный интеллект.2013, №14.-С.28-36.
13. Нильсон Н. Искусственный интеллект. Методы поиска решений: пер. с англ. /Н.Нильсон.-М.: Мир, 1973.-270с.

14. Пигоров Г.С. Креатология и интеллектуальные технологии инновационного развития /Г.С.Пигоров, В.П.Козинец, А.Г.Махмудов и др.- Днепропетровск: Пороги, 2003.-502с.
15. Пройдаков Э.М. Современное состояние искусственного интеллекта DOI: 10.31249/scis/2018.00.09.
16. Рассел Стюарт. Искусственный интеллект: современный подход: пер. с англ. /Стюарт Рассел, Норвиг Питер.-2-е изд.-М.: Вильямс, 2006.-1408с.
17. Самонастраивающиеся зажимные механизмы: справочник /Ю.Н.Кузнецов, А.А.Вачев, С.П.Сяров, А.Й.Цървенков; под ред. Ю.Н.Кузнецова.-К.: Техника; София: Гос. изд-во «Техника», 1988.-222с.
18. Станкевич Л.А. Искусственный интеллект и искусственный разум в робототехнике: учебн. Пособие /Л.А.Станкевич, Е.И.Юревич.-СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.-167с.
19. Хамуйела Ж.А. Герра. Генетико-морфологический синтез зажимных патронов: монография /Ж.А. Герра Хамуйела, Ю.Н. Кузнецов, Т.О.Хамуйела; под ред. Ю.Н.Кузнецова.-Луцк: Вэжа-Друк. 2017.-328с.
20. Шаумян Г.А. Автоматы и автоматические линии.-М.:Машгиз, 1961.-552с.
21. Шинкаренко В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем /В.Ф.Шинкаренко.-К.: Наукова думка, 2002.-288с.
22. Шлезингер Ф.Г. Металлорежущие станки. М.: Машгиз, 1936.
23. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы: учебник. - М.: Лаборатория знаний, 2016.-221с.
24. Kelle Ph. Automaten, Spriger Verlag, 1951.
25. Zwicky F. Discovery, invention, research through the morphological approach /F.Zwicky.-Toronto; New York: MeMillan, 1969.

Стаття надійшла до редакції 28.08.2013

УДК 629.113 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.13

В.Г. Мазанов, А.І. Самсоненко, С.С. Лукашенко*Національна академія Національної гвардії України***ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ АДЕКВАТНИХ МОДЕЛЕЙ РОБОЧИХ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ З АБС**

У статті досліджується модель системи антиблокування коліс автомобіля при різних умовах експлуатації. Запропоновано шляхи вирішення проблеми відповідності математичної моделі реальним умовам експлуатації антиблокувальної системи гальм автомобіля.

Ключові слова: автомобіль, антиблокувальна система гальм, модель, Simulink, колесо.

В.Г. Мазанов, А.І. Самсоненко, С.С. Лукашенко*Національная академия Национальной гвардии Украины***ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ АДЕКВАТНЫХ МОДЕЛЕЙ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ С АБС**

В статье исследуется модель системы антиблокировки колес автомобиля при различных условиях эксплуатации. Предложены пути решения проблемы адекватного соответствия математической модели реальным условиям эксплуатации антиблокировочной системы тормозов автомобиля.

Ключевые слова: автомобиль, антиблокировочная система тормозов, модель, Simulink, колесо.

V.G. Mazanov, A.I. Samsonenko, S.S. Lukashenko*National Academy of National Guard of Ukraine***PROBLEMS OF BUILDING ADEQUATE MODELS OF BRAKING SYSTEMS OF CARS WITH ABS**

The article examines the model of the anti-blocking system of the car wheels under various operating conditions. The ways of solving the problem of adequate compliance of the mathematical model with the actual operating conditions of the anti-lock braking system of the car are proposed.

Keywords: car, anti-lock brakes, model, Simulink, wheel.

Постановка проблеми. За останній час Національна гвардія України активно оновлює і модернізує парк автотранспортних засобів. При їх експлуатації значна увага звертається на сектор безпеки дорожнього руху. Однією з важливих систем управління, що відповідає за безпеку експлуатації автотранспортних засобів є система ABS (Anti-lock braking system) - антиблокувальна система гальм. За оцінками зарубіжних фахівців, системи ABS і ESP здатні скоротити загальне число ДТП з тілесними ушкодженнями на 32%, а в умовах обмерзання та снігових заметів - на 38%. Завдяки цим системам істотно вдалося підвищити загальний рівень безпеки дорожнього руху. Це щорічно рятує життя кільком десяткам тисяч людей у всьому світі [12]. Тому дослідження алгоритмів роботи даної системи при експлуатації автомобілів з ABS і модернізація старих моделей шляхом її установки є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При проведенні випробувань моделей робочих гальмівних систем автомобілів з використанням віртуально-фізичною технології моделювання [1-10], виникає питання його оцінки, тобто тотожності створеної моделі та фізичного об'єкту. Для цього застосовуються різні способи, математичного та фізичного моделювання процесу гальмування автомобіля обладнаного системою ABS. Не завжди в цих моделях робота система ABS співпадає з реальним процесом гальмування автомобіля.

Правильною моделлю системи можна вважати модель, яка дозволяє максимально точно відобразити реальний процес. Для досягнення такого рівня точності необхідно мати чітку мету моделювання.

Дана стаття досліджує основні проблеми моделювання системи ABS автомобіля, які допоможуть забезпечити адекватність моделі, що розробляється. У статті розглянуті наступні питання:

- вибір середовища і методу моделювання;
- фізика роботи модельованої системи;
- можливість виявлення та відкидання неприйнятних результатів моделювання;
- перевірка результатів моделювання;
- перелік обмежень та допусків в розробленій моделі.

У статті для аналізу розглядаються моделі, вибір і допущення в яких зроблені на ранніх стадіях моделювання антиблокувальної системи автомобіля [1-3]. Також показані методи обробки даних в різних режимах роботи антиблокувальної системи автомобіля.

Мета статті – дослідити можливість максимально наближеного до реального процесу побудови математичної моделі системи ABS автомобіля при різних режимах експлуатації.

Виклад основного матеріалу. Середовище моделювання Simulink дає можливість моделювати на системному рівні поетапно (зверху вниз) або використовувати зворотню деталізацію (від низу до верху). На початковому етапі визначається, яким чином буде організована модель. У моделі системного рівня, інтерфейси між компонентами встановлюють з поступовою розробкою їх функціоналу. При розробці знизу вгору по окремих вузлах, модель збільшується і ускладнюється.

З фізичних елементів складається фізично-обумовлена модель, в графічній мові елементи з'єднуються між собою зв'язками, кожна з яких представляє собою передачу фізичної величини (момент, сила, прискорення і т.д.). Прикладами таких систем є LMS Amesim фірми Siemens, SimulationX, Dymola, OpenModelica, Matlab Simulink (SimScape, SimMechanics, SimDriveLine і т.і.) [12]. Кожна з цих фірм відрізняється набором бібліотек. Всі продукти побудовані на основі мови Modelica і набули широкого поширення. У даних продуктах генерується система алгебро-диференціальних рівнянь, яка потім перетворюється в компільований вихідний текст, для побудови разом з чисельними методами моделі процесів. Недолік цього підходу полягає в тому, що, незважаючи на глибину і детальність моделі, її структура залишається прихованою, що ускладнює вирішення завдання синтезу алгоритмів керування. На підставі подібної моделі, необхідно попередньо лінеаризувати цю модель в області робочої точки. Тому в даній роботі використовується другий підхід, пов'язаний з включенням додаткових блоків контролю результатів моделювання процесу гальмування автомобіля обладнаного системою ABS.

Опис автотранспортного засобу (АТЗ) безпосередньо у вигляді системи рівнянь, де з елементів формується текстовий або графічний опис, і в правій частині вибираються інтегратори для формування системи диференціальних рівнянь. Такий підхід називається математично обумовленим і пропонує безпосередньо вирішувати систему алгебро-диференціальних рівнянь засобами математичних пакетів: Matlab Simulink, VisSim, Scilab, Octave. У даній роботі дослідження проводилися з використанням програми Matlab Simulink.

Для досягнення точності в моделі необхідно налаштувати параметри моделювання так, щоб отримати прийнятні результати. Наприклад, вибравши відповідні налаштування допуску по кроку змінних, потрібно знаходити компроміс між продуктивністю моделі і прийнятною точністю розрахунку. Для точної настройки параметрів потрібно зрозуміти природу і динаміку фізичної системи.

Неможливо знати динаміку складної системи з сотнями або тисячами компонентів, поки не підключені всі компоненти і не змодельована вся модель. В цьому випадку, треба перевірити кожен компонент. Наступним кроком є побудова тестової програми для кожного компонента і його інтерфейсу в складі моделі.

Знання системи передбачає розуміння її динаміки, так щоб параметри моделювання могли бути налаштовані для точної фіксації результатів. Можна визначити частоти системи реагування шляхом створення лінеаризованого представлення моделі з використанням Simulink і Simulink Design Control.

Лінійне уявлення обмежує розуміння поведінки моделі протягом певного діапазону вхідних сигналів і значень його стану. Визначення розмірів кроку моделювання необхідне для захоплення повного діапазону даних системи.

Simulink включає в себе бібліотеку блоків для моніторингу результатів моделювання. Блоки перевірки моделі дозволяють відслідковувати сигнал для його значень, встановлювати статичні або динамічні межі, і робити висновок, коли ці межі порушуються. Наприклад, при моделюванні динаміки системи гальмування автомобіля область моделювання обмежена дорогою. Дане обмеження можна врахувати в блоці Static Range (Рис. 1)

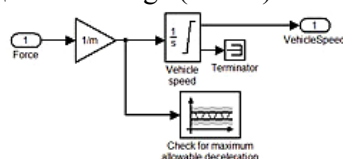


Рис. 1. Загальний вигляд блоку Static Range

Забезпечення того, що модель згенерує значення в очікуваному діапазоні, не завжди гарантує потрібні результати. Наприклад, інтегратори і передавальні функції, як низькочастотні фільтри, часто згладжують їх вихідні сигнали. Цей ефект фільтрації може приховати нереалістичну динаміку в системі. Розглянемо, наприклад, прискорення, швидкість та положення автомобіля. Спостерігаючи положення автомобіля або його швидкість, а не сигнал прискорення, легко випустити з уваги високочастотні зміни в прискоренні.

Інтегрування сигналів прискорення призводить до згладжування сигналу швидкості. Таким чином, на даному прикладі видно, як вибір реалізації впливає на точність моделі. Для забезпечення точності моделі в цілому можна запропонувати наступні кроки.

У роботах [1,2] представлена модель АБС (наприклад див.рис. 2).

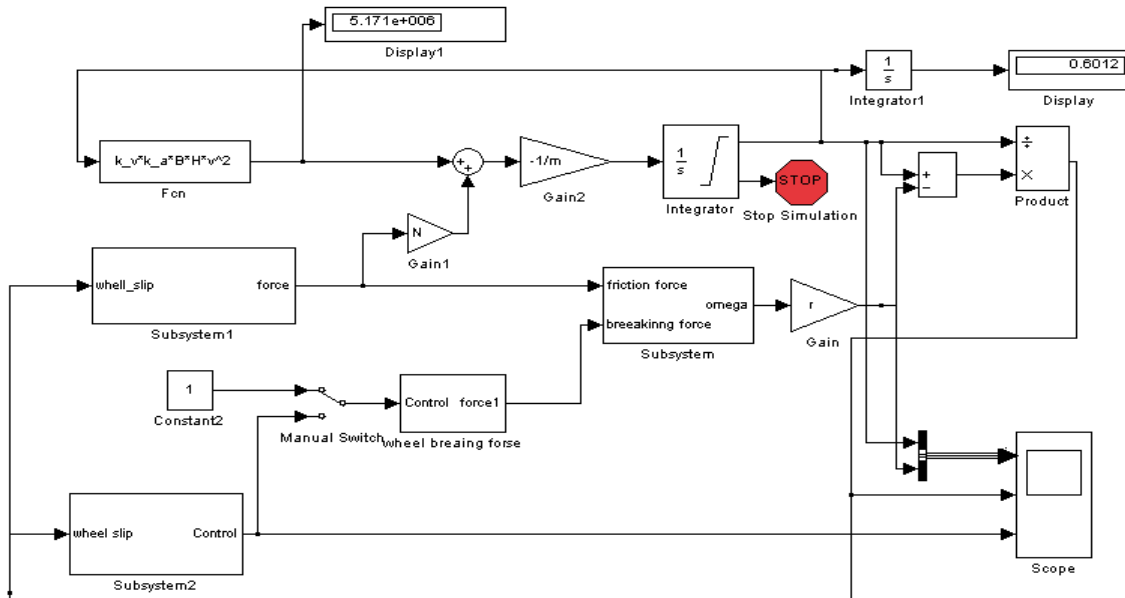


Рис. 3. Simulink модель антиблокувальною гальмівної системи

Антиблокувальна гальмівна система моделі автомобіля в даному випадку показує динаміку роботи системи в часі, змодельовану за принципом використання довідкової таблиці, яка б пов'язала відносно ковзання і коефіцієнт тертя, а також модель еталонного компонента для розрахунку швидкості обертання колеса. Оскільки модель проста, вона була реалізована з використанням підходу знизу вгору, починаючи не з специфікації і проектування систем, а на підставі рівнянь.

Сили, що діють при проковзуванні коліс. Фактична гальмова сила на колесі автомобіля визначається відношенням:

$$P_k = \mu Z_k, \quad (1)$$

де Z_k – опорна реакція на колесі; μ – коефіцієнт гальмової сили.

У цьому випадку рівняння зміни моменту кількості обертального руху, що описує колесо задається формулою:

$$\frac{Jd\omega_k}{dt} = (P_K - P_{\text{гmk}})r_k, \quad (2)$$

де ω_k – кутова швидкість колеса, рад./с;

J – момент інерції колеса, кг·м²;

P_k – фактична гальмівна сила на колесі;

$P_{\text{гmk}}$ – гальмівна сила на колесі, що розвиває гальмівним механізмом, Н;

r_k – радіус колеса, м.

Фактична гальмівна сила автомобіля дорівнює:

$$P_T = \sum_{i=1}^N P_{ki}, \quad (3)$$

де N – кількість коліс автомобіля; P_{ki} – фактична гальмівна сила на i -м колесі.

Для простоти припустимо рівність опорних реакцій і коефіцієнтів зчеплення на колесах (у дійсності опорна реакція на колесі залежить від розподілу маси й інтенсивності з), тоді можна записати:

$$P_T = NP_K, \tag{4}$$

$$P_K = \mu(S)Z_K = \frac{\mu(S)mg}{N}, \tag{5}$$

де g – прискорення вільного падіння (9,8 м/с²).

Величину $\mu(s)$ можна представити у вигляді:

$$\mu(S) = \mu_{\max} f(s), \tag{6}$$

де μ_{\max} – коефіцієнт тертя для пари колесо-дорога (для сухого асфальту $\sim 0,8$, для льоду $\sim 0,2$); $f(s)$ – функція проковзування, максимум якої дорівнює 1.

Коефіцієнт гальмової сили визначається виразом:

$$\mu_x = \frac{s_x}{s} \mu(S) = \mu(s) \cos \beta. \tag{7}$$

У цій системі, кутова швидкість поверхні маточини колеса (ω_k) стає менше кутової швидкості транспортного засобу (ω_v) при гальмуванні.

Відносне ковзання ($1 - \omega_k / \omega_v$) змінює величину тертя між колесом і дорогою, яка, в свою чергу, визначає силу гальмування. Дана система прагне забезпечити тиск в гальмівній системі, для максимального гальмівного зусилля при цьому необхідно уникнути блокування коліс.

Результати моделювання наведені на рис. 4.

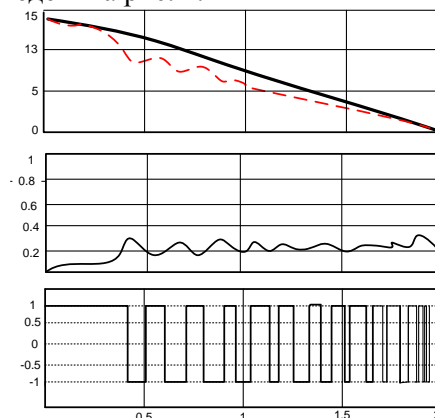
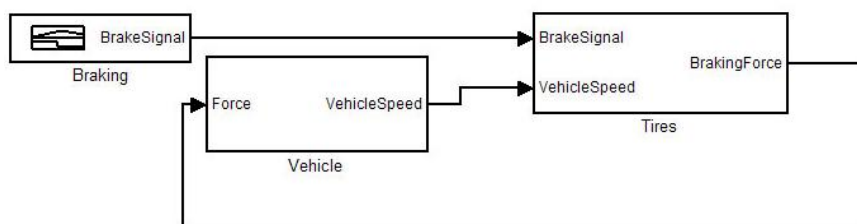


Рис. 4. Результати моделювання гальмування з ABS

На графіках (рис. 4): зверху – швидкість автомобіля і лінійна швидкість колеса, у середині – величина проковзування колеса, знизу – команди системи керування.

Швидкість автомобіля і частота обертання колеса показують коливання швидкості колеса при використанні системами ABS для зниження швидкості руху автомобіля без блокування. Ділянка нормалізованого відносного ковзання в залежності від часу (праворуч) показує інтервал, коли контролер намагається досягти бажаного відносного ковзання рівному 0,2.

Ця проста модель може бути легко інтегрована як самостійний компонент більшої моделі транспортного засобу (Рис. 5).



Copyright 1990-2006 The MathWorks Inc.

Рис. 5. Блок моделі антиблокувальної гальмівної системи АТЗ

Підсистема шини (Рис. 6) функціонально така ж, як і оригінальна модель, але тепер вона враховує сигнал гальмування, який переключється між режимами пригальмовування ($\text{BrakeSignal} > 0$) і при відсутності гальм ($\text{BrakeSignal} < 0$).

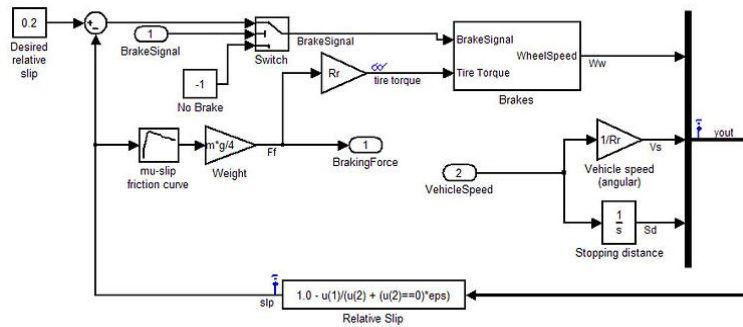


Рис. 6. Блоки підсистеми шини

Даний компонент тепер може стати частиною більш масштабного моделювання транспортного засобу. Можна перевірити, як компонент поводить, використовуючи генерований сигнал для блоку перевірки гальм.

Отримані результати показали, що оригінальна модель автомобіля зупиняє моделювання, як тільки транспортний засіб зупиняється. Якщо прибрати блок упору з моделі, то виявимо, що швидкість руху автомобіля ніколи не дорівнюватиме нулю.

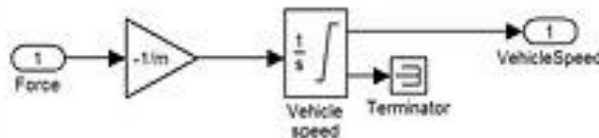


Рис. 7. Блок відстеження швидкості транспортного засобу

Блок інтегратор виконаний з можливістю насичення до нуля, і при виникненні цієї насиченості моделювання зупиняється.

Перемінна кроку в блоці Solver продовжує виявляти проходження сигналу через нуль. Система математичного розрахунку, як правило, видає помилку, перш ніж визначаться причина проблеми. Якщо використовувати фіксованою крок замість змінної кроку моделювання, то процес продовжиться до досягнення даної помилки.

При зміні фіксованого кроку блоку ODE3 (1/S) вирішувача моделювання показує незвичайний стан, коли, після того, як в стані спокою протягом короткого періоду, автомобіль раптово перескакує від 0 до високої швидкості в нульовий момент часу (Рис. 8).

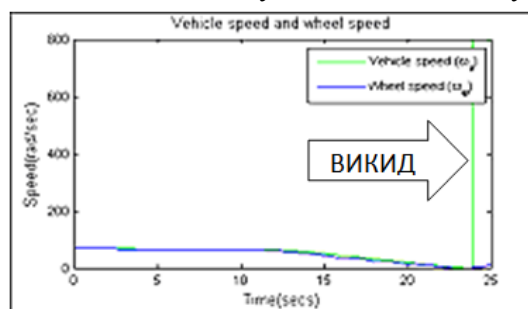


Рис. 8. Антиблокувальна гальмівна модель з викидом в точці зупинки автомобіля

Проблема полягає в тому, що гальма моделі не враховують момент, коли транспортний засіб знаходиться в нерухомому стані. Крутний момент на колесі залишається після того, як деталі знаходяться в стані спокою, що не відповідає реальності. Можна уникнути цієї помилки у вихідній моделі шляхом обмеження моделювання в певному діапазоні, де він був дійсним. Для того, щоб обійти дану помилку, в цій моделі необхідно або виправити модель або внести нові обмеження і правила.

Потрібно передбачити можливість попередження в разі, коли моделювання потрапляє в умови, при яких ця модель не є допустимою (Рис. 9).

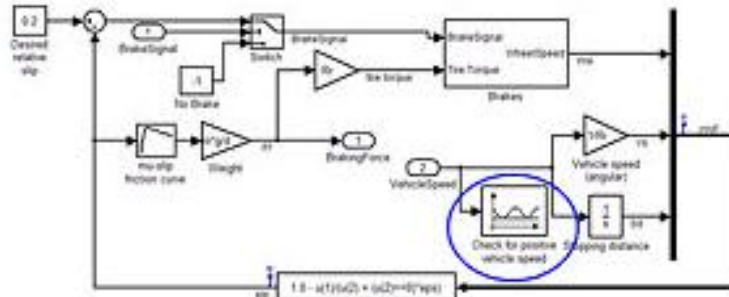


Рис. 9. Підсистема з блоком підтвердження для контролю швидкості руху автомобіля і параметри для перевірки статичності автомобіля

Коли швидкість транспортного засобу дорівнює нулю, то модель більше не працює. Можна зупинити модель, коли швидкість транспортного засобу дорівнює нулю. Тепер в цьому немає необхідності.

Щоб вирішити цю проблему, пропонується додати наступні допущення:

Модель враховує буксування і тертя ковзання гальма.

Сила гальмування діє на автомобіль тільки при його русі.

Сила гальмування завжди діє в протилежному напрямку щодо швидкості автомобіля.

Для виконання перерахованих вище умов необхідно внести в модель рівняння для крутного моменту і сили:

$$T_{net} = \begin{cases} w_{wheel} \neq 0, & T_{tire} - T_{brake} \\ w_{wheel} = 0, & T_{tire} - \min(T_{brake}, T_{tire}) \end{cases}$$

$$F_{brake} = \begin{cases} V_{vehicle} \neq 0, & -\text{sign}(V_{vehicle}) |F_{brake}| \\ V_{vehicle} = 0, & 0 \end{cases}$$

де T_{net} – сумарний момент сил, що діють на колесо;

F_{brake} – сила тертя ковзання шини по дорозі;

T_{tire} – момент сили F_{brake} тертя ковзання;

T_{brake} – момент сил гальмівної системи;

w_{wheel} – кутова швидкість колеса;

$V_{vehicle}$ – швидкість автомобіля.

Для реалізації цих рівнянь додається логіка переходу до підсистеми шин через Signum-блок (Рис. 10).

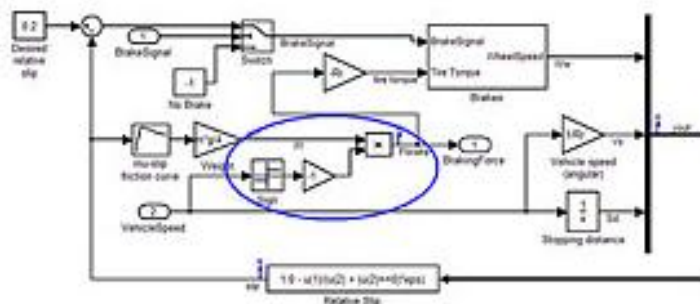


Рис. 10. Удосконалена модель підсистеми ABS

Вихідний сигнал блоку Signum буде дорівнювати 1 для позитивного входу, -1 для негативного входу, і 0 для нульового вхідного сигналу. Тепер сила гальмування завжди буде протилежною до швидкості транспортного засобу.

Додамо перемикач у підсистему Гальма, щоб уникнути повороту колеса за рахунок моменту сил гальмівної системи T_{brake} в протилежну сторону після його зупинки (Рис. 11).

Блок комутатор має стан перемикачання, коли ми проходимо через вхід 1, якщо вхід 2 не дорівнює нулю. Відстеження величини $u2 = 0$ дозволяє прибрати нижню межу насичення швидкості колеса.

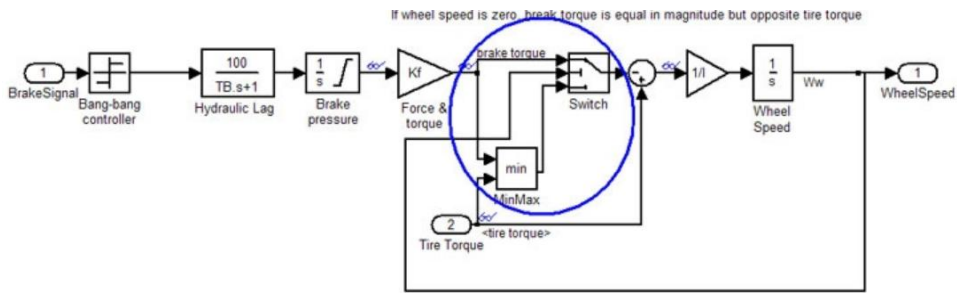


Рис. 11. Гальмівна система підсистема модифікована для перемикання крутять моментів, коли частота обертання колеса дорівнює 0

Результати, отримані при використанні блоку вирішувача ode45, показані на рисунку 12.

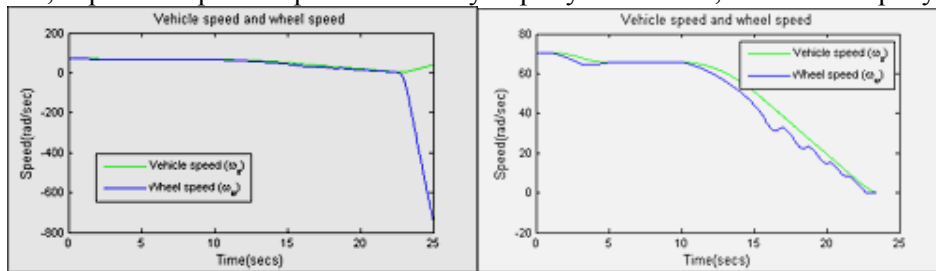


Рис. 12. Швидкість автомобіля і колеса після удосконалення моделі

Якщо додати насичення швидкості колеса в модель, то моделювання виглядає правильно, отримуємо послідовні нульові помилки перетину, і моделювання зупиняється. Вид сигналу, вихід якого безпосередньо обчислюється блоком Signum гальмівної сили показаний на рисунку 13.

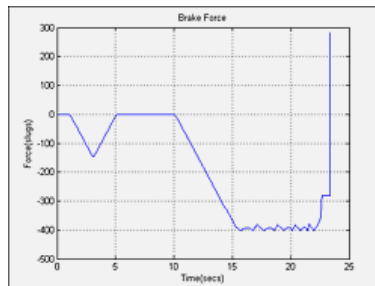


Рис. 13. Графік гальмівної сили в залежності від часу (показаний різкий стрибок сили розриву, коли транспортний засіб приходить в стан спокою)

Аналіз роботи моделі показує, що необхідно вирішити проблему гістерезису при перемиканні режимів. Гістерезис часто зустрічається в фізичних системах, де реакція системи залежить від передісторії системи. Наприклад, термостати розроблені з гістерезисом, щоб уникнути швидкого перемикання між включенням і вимиканням.

Використання блоку реле з бібліотеки розривів замість блоку Signum дозволяє обробляти умови гістерезису з певним допуском (Рис. 14).

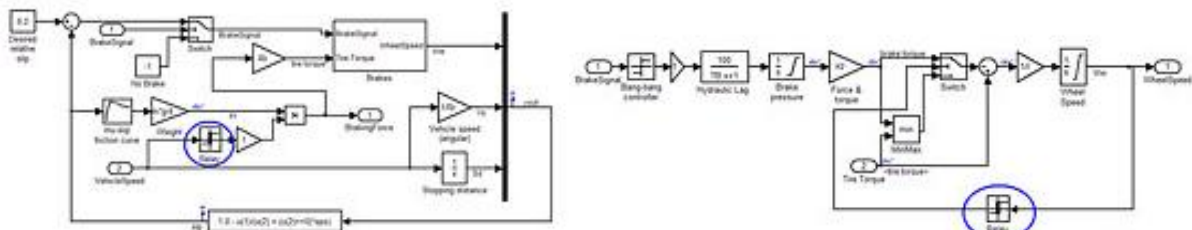


Рис. 14. Релейний блок замінює блок Signum, щоб забезпечити область гістерезису стану вимикача (ліворуч). Блок реле вставляється відповідно до порту управління перемикачем, щоб додати гістерезис стану перемикання на сигнал гальмівного моменту (праворуч).

Модель, як і раніше, передбачає позитивну початкову швидкість транспортного засобу, і ще не повністю узагальнена для обох напрямків руху. Ми також можемо застосувати гістерезис до виходу блоку швидкості шини.

Висновки

1. Розроблений метод математичного моделювання дозволяє домогтися більш глибокого розуміння динаміки антиблокувальної системи гальм автомобіля, що дозволяє простіше налаштувати початкову конфігурацію моделі і провести моніторинг невірних результатів.
2. Відмінною особливістю запропонованих методів обліку вхідних даних і режимів моделювання є відповідність математичної моделі реальним фізичним процесам гальмування автомобіля обладнаних системою ABS.
3. Використання додаткових блоків контролю дозволило не допустити помилок моделювання.
4. При відсутності чіткого математичного алгоритму роботи системи можна застосувати евристичний підхід. Моделювання точності моделі вимагає тестування окремих компонентів і чіткого розуміння об'єкту моделювання. Розроблена математична імітаційна модель системи управління ABS дозволяє оцінити ефективність запропонованого алгоритму моделі гальмування.

Список використаних джерел

1. Моделювання гальмівної системи автомобіля під управлінням АБС в середовищі MATLAB SIMULINK / А. П. Горбунов // Технологический аудит и резервы производства. - 2015. - № 2(5). - С. 55-59.
2. Ревин, А.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей и автопоездов с АБС в режиме торможения: монография / А.А. Ревин; ВолгГТУ. – Волгоград: РПК "Политехник", 2002. – 372 с.
3. Ревин, А.А. Комплексное моделирование в цикле проектирования автомобилей и их систем / А.А. Ревин, В.Г. Дыгало // Автомобильная промышленность. 2002. №11. С. 29–30.
4. Шадрин, С.С. Возможности использования бортовых сетей передачи данных автотранспортных средств в задачах интеллектуальных транспортных систем / С.С. Шадрин, А.М. Иванов // Автотранспортное предприятие. 2014. № 5. С. 43–46.
5. Дыгало, В.Г. Виртуально-физические технологии испытаний для проектирования автоматизированных тормозных систем / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин // Машиностроение & электротехника (Болгария). 2005. №5. С. 26–29.
6. Костин, С.Ю. Исследование активной безопасности транспортных средств методом имитационного моделирования / С.Ю. Костин, В.Г. Дыгало // Безопасность транспортных средств в эксплуатации : матер. 71-й междунар. науч.-техн. конф. (12-13 окт. 2010 г.) / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2010. С. 17–19.
7. Дыгало, В.Г. Виртуально-физическая технология моделирования систем активной безопасности / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин // Труды Нижегородского гос. техн. ун-та им. Р.Е. Алексеева НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород. 2011. № 3. С. 146–155.
8. Дыгало, В.Г. Технологии испытания систем активной безопасности автотранспортных средств : монография / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин. – М. : Машиностроение, 2012. – 387 с.
9. Дыгало, В.Г. Принципы синтеза виртуально-физических моделей, предназначенных для разработки тормозной системы автомобиля с АБС / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин // Автомобильная промышленность. 2014. № 8. С. 17–19.
10. Комплекс для диагностики систем активной безопасности автомобиля / Г.О. Мельников, Е.С. Ларин, В.Г. Дыгало, А.А. Ревин // Известия ВолгГТУ. Серия "Наземные транспортные системы": межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2013. Вып. 6. № 10 (113). С. 102–105.
11. Дьяконов В.П. VisSim + Mathcad + MATLAB. Визуальное математическое моделирование / В.П. Дьяконов. - Г.: Солон-пресс, 2004. - 384 с.
12. Активная и пассивная безопасность автомобиля как основная мера повышения безопасности дорожного движения. [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15721597>

Рецензенти:

Худов Геннадій Володимирович, начальника кафедри Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, доктор технічних наук, професор.

Романюк Віктор Андрійович, доцент кафедри Національної академії Національної гвардії України, кандидат технічних наук, доцент.

Стаття надійшла до редакції 25.06.2019

УДК: 004+543.422.3-74 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.14

В.А. Мащенко¹, В.П. Квасніков², В.В. Кривцов³*Одеська державна академія технічного регулювання та якості¹**Національний авіаційний університет²**Рівненський державний гуманітарний університет³***КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ СПЕКТРІВ СІЧ-ДІАПАЗОНУ**

Розроблено алгоритм отримання штрих-коду полімерного матеріалу за його спектром поглинання у середньому інфрачервоному діапазоні. Базова структура алгоритму реалізована у вигляді програмного додатку у системі інженерно-фізичних розрахунків MATLAB. Запропоновано методику ідентифікації полімерних матеріалів за їхніми штрих-кодами на основі параметру відповідності.

Ключові слова: Фур'є-спектроскопія, інфрачервоний спектр поглинання, алгоритм спектрального аналізу, штрих-код полімерного матеріалу.

В.А. Мащенко, В.П. Квасніков, В.В. Кривцов**КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СПЕКТРОВ СИЧ-ДИАПАЗОНА**

Разработан алгоритм получения штрих-кода полимерного материала по его спектру поглощения в среднем инфракрасном диапазоне. Базовая структура алгоритма реализована в виде программного обеспечения в системе инженерно-физических расчетов MATLAB. Предложена методика идентификации полимерных материалов по их штрих-кодам на основе параметра соответствия.

Ключевые слова: Фурье-спектроскопия, инфракрасный спектр поглощения, алгоритм спектрального анализа, штрих-код полимерного материала.

V. Mashchenko, V. Kvasnikov, V. Krivtsov**COMPUTER SYSTEM OF IDENTIFICATION OF POLYMER MATERIALS BASED ON SPECTRA MIR-REGION**

The procedure of obtaining polymer materials bar-code on their absorption spectra in medium infra-red band is exploited. The algorithm framework is software in MATLAB an engineering and physics calculation system. The approach of polymer materials identification according to their bar-codes and due to compliance settings is recommended.

Keywords: Fourier spectroscopy, infra-red absorption spectra, spectra analysis procedure, polymer material bar-code.

Постановка проблеми. Полімерні матеріали (ПМ) в більшості випадків є багатокомпонентними системами і містять разом із полімерною матрицею широкий набір цільових інгредієнтів, які забезпечують задані властивості матеріалу та його стійкість до зовнішнього впливу. Асортимент ПМ згідно сучасних вимог промисловості постійно розширюється за рахунок розробки принципово нових полімерних композитів і різних способів модифікації фізико-хімічних властивостей вже існуючих ПМ. У зв'язку з цим, незважаючи на широке використання сучасних фізико-хімічних методів аналізу ПМ, на сьогодні не існує достатньо надійних та універсальних методик їхньої ідентифікації [1].

Як правило, ідентифікацію ПМ рекомендують проводити на основі спектроскопічних методів з використанням спектральних бібліотек та інших мультिवаріантних методів ідентифікації. При цьому все більш доступними стають методи ідентифікації, які дозволяють перевіряти якість та аналізувати ПМ не лише у спеціалізованих лабораторіях, а й безпосередньо на виробництві. Зрозуміло, що універсальних методів і методик ідентифікації, які можна було б використовувати у незмінному вигляді для різних ПМ, наразі не існує. Однак, загальний алгоритм проведення ідентифікації зберігається для будь-яких ПМ, що аналізуються. Оскільки зазвичай буває так, що на виробництві використовують ПМ однієї марки різних виробників, може бути цілком обґрунтованим використання однотипного пристрою і єдиної методики ідентифікації у декількох місцях виробництва (цехи та лабораторії). У такому випадку передача і зберігання відповідної інформації про ПМ може гарантувати надійність і ефективність використання комп'ютерної системи ідентифікації ПМ на виробництві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Комерційні спектральні бібліотеки широко використовуються у багатьох приладах і операційних системах спільно із спектроскопічними методами: інфрачервона (ІЧ) Фур'є-спектроскопія, раманівська спектроскопія і спектроскопія ближнього ІЧ-діапазону [2]. Спектральні бази даних є доволі зручним методом ідентифікації ПМ, особливо електронно-цифрові спектральні бази, що дозволяють не тільки автоматизувати процес

пошуку, але і візуально оцінити ступінь подібності накладанням бібліотечного спектру та спектру, що аналізується, на дисплеї в одному масштабі. Деякі фірми, що випускають Фур'є-спектрометри, включають власні електронні бази даних у склад математичного забезпечення приладу, хоча подібні бази даних, як правило, містять невелику кількість об'єктів і небагато інформації про них.

Наразі існує достатньо велика кількість спектральних баз різного ступеня інформативності і ємності. Найбільш відомі 15 опублікованих великих баз коливальних спектрів [3], з яких лише 7 [4–9] відносяться до ПМ (при цьому у деяких інших базах зустрічаються невеликі розділи з ІЧ-спектрами полімерів, а [5] включає у себе крім полімерів пов'язані із ними мономери, добавки і т.п.).

Постановка завдань. Розробити алгоритм спектрального аналізу для ідентифікації ПМ на основі його ІЧ-спектру та провести оцінку подібності основних типів ПМ за штрих-кодами із збереженням отриманої інформації у базі даних.

Викладення основного матеріалу. Спектроскопія у середній ІЧ-області спектру (СІЧ) відповідає діапазону частот з хвильовими числами від 4000 до 700 см^{-1} і є надійним методом ідентифікації ПМ [10]. Спектри СІЧ-діапазону для більшості ПМ різняться між собою та безпосередньо відповідають характеристичним хімічним зв'язкам у них. Сучасні інфрачервоні спектрометри, що базуються на переходах Фур'є, найкраще підходять для ідентифікації промислових ПМ і достатньо прості у роботі. Нами використовувалися спектри, записані за допомогою портативного ІЧ-Фур'є спектрометра Tru Defender FT (Thermo Fisher Scientific) і стаціонарного ІЧ-Фур'є-спектрометра IRAffinity-1S (Shimadzu). Основні технічні характеристики цих ІЧ-спектрометрів представлені в табл. 1 [11, 12].

Таблиця 1.

Основні технічні характеристики ІЧ-спектрометрів

	TruDefender FT	IRAffinity-1S
Спектральний діапазон, см^{-1}	4000–650	7800–350
Роздільна здатність, см^{-1}	4	0,5; 1; 2; 4; 8; 16

Розроблений алгоритм спектрального аналізу ідентифікації ПМ містить наступні кроки:

- запис спектру поглинання;
- згладжування спектру;
- встановлення базового рівня;
- обчислення першої та другої похідних;
- вибір порогового рівня;
- кодування смуг „– 1” і „+ 1” відносно базового рівня, який приймається за „0”.

Результат роботи алгоритму – „штрих-код” для ідентифікації типу полімерного матеріалу. Невідомому ПМ підбирається відповідність із штрих-кодів бази даних відомих типів.

Схематично алгоритм виконання спектрального аналізу ПМ на основі СІЧ-спектру поглинання поліетилену (ПЕ) представлено на рис. 1–3. Базова структура алгоритму реалізована у вигляді програмного додатку „Спектральний аналіз” системи інженерно-фізичних розрахунків MATLAB. Інтерфейс користувача додатку „Спектральний аналіз” представлено на рис. 4.

На першому етапі роботи алгоритму проводиться запис спектру поглинання і завантажується файл даних. У програмному додатку передбачена можливість роботи з файлами у форматі ASCII (*.txt) та з файлами, що мають розширення *.spc. Файл даних містить масив хвильових чисел та відповідних значень відносних інтенсивностей поглинання ІЧ-хвиль зразком ПМ. Об'єм вибірки (n) точок спектру поглинання в залежності від роздільної здатності ІЧ-спектрометра представлений у табл. 2.

На другому етапі роботи програмний додаток „Спектральний аналіз” дає можливість провести згладжування спектру за допомогою фільтру, що базується на методі Савицького-Голея. Фільтри Савицького-Голея широко використовуються для очищення сигналів від високочастотних шумів. У даному методі дані розбиваються на кадри і апроксимуються поліномами, коефіцієнти яких підбираються за критерієм мінімального середньоквадратичного відхилення [13].

При роздільній здатності 4 см^{-1} для спектрометрів TruDefender FT та IRAffinity-1S оптимально використовувати поліноми третього степеня із кількістю кадрів не менше 35 (рис. 1, 4). При записі спектрів із більшою роздільною здатністю на IRAffinity-1S в залежності від

типу ПМ фільтрацію можна не використовувати. Програмний додаток дає можливість змінювати степінь полінома та кількість кадрів для апроксимації.

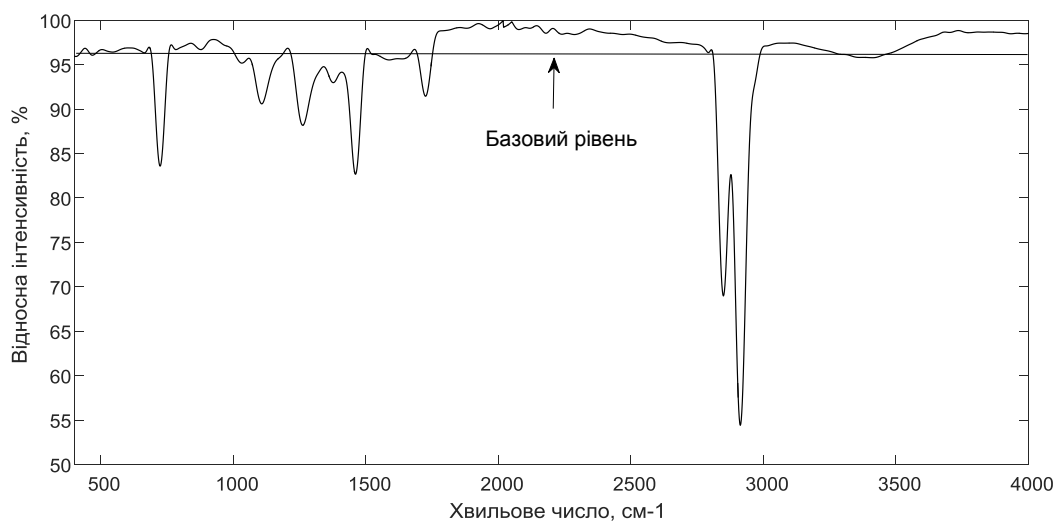


Рис. 1. Спектр поліетилену у СІЧ-діапазоні

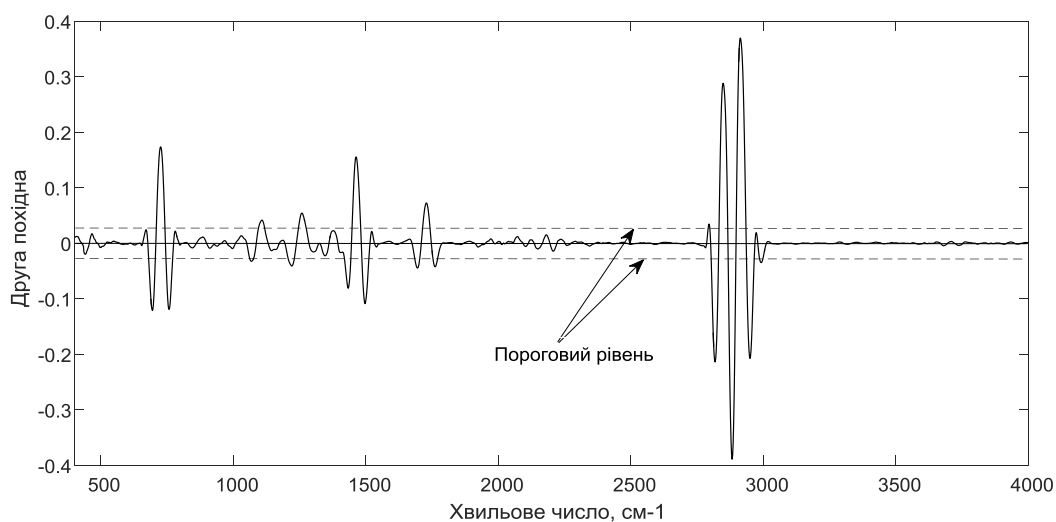


Рис. 2. Друга похідна від спектру поглинання

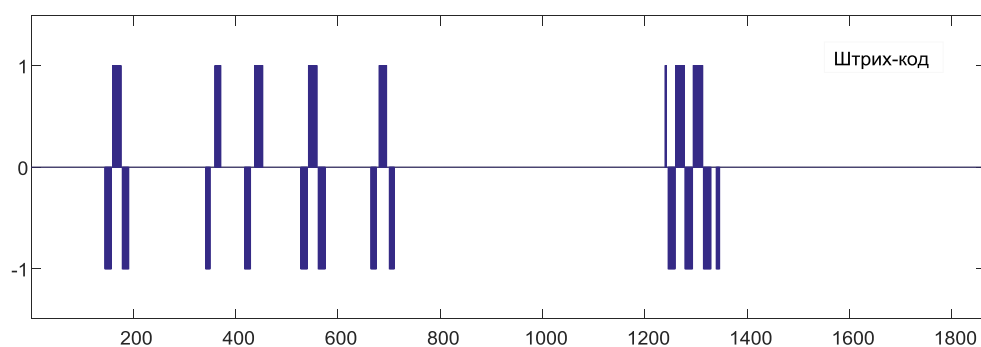


Рис. 3. Штрих-код поліетилену

На наступному кроці алгоритму спектрального аналізу можна встановити базовий рівень, що дає можливість відсікти небажані амплітудні коливання відносної інтенсивності поглинання при обчисленнях першої та другої похідних. Базовий рівень встановлюється відхиленням (у відсотковому відношенні) до 100 % відносної інтенсивності поглинання і за замовчуванням має значення 0 %. Окремо слід зазначити, що при записі спектрів ІЧ-спектрометри можуть давати відносну інтенсивність поглинання більше 100 %. Алгоритм додатку в такому випадку передбачає

обмеження її до встановленого базового рівня. На практиці зміна базового рівня не повинна перевищувати 5 %, але у кожному конкретному випадку можуть бути виключення.

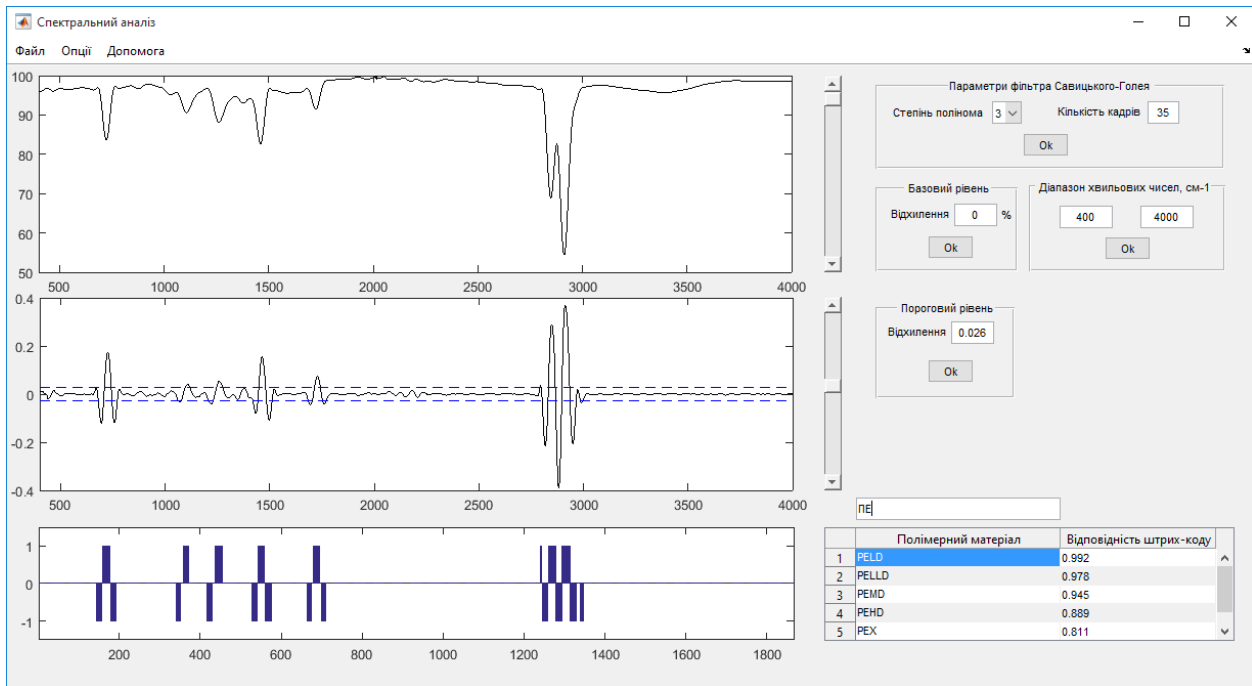


Рис. 4. Загальний вигляд вікна додатку „Спектральний аналіз” для ідентифікації полімерних матеріалів

Таблиця 2.

Об’єм вибірки точок спектру

ІЧ-спектрометр	Роздільна здатність, см ⁻¹	<i>n</i>
TruDefender FT	4	1170
IRAffinity-1S	0,5	14932
	1	7468
	2	3735
	4	1868
	8	935
	16	469

Обчислення першої і другої похідних у програмному додатку „Спектральний аналіз” проводиться за допомогою стандартної функції системи MATLAB [14].

Наступні кроки алгоритму пов’язані між собою. За замовчуванням на першому етапі алгоритм додатку встановлює пороговий рівень в межах 10 % відхилення від абсолютного максимального значення другої похідної для базового нульового рівня та проводить кодування спектру. Отриманий штрих-код ПМ порівнюється із базою штрих-кодів для відомих матеріалів та визначається параметр відповідності (*p*) (рис. 4). В опціях додатку „Спектральний аналіз” можна проводити оптимізацію кодування смуг за рахунок алгоритму програмної зміни порогового рівня або зміни порогового рівня користувачем за допомогою засобів інтерфейсу.

Штрих-код ідентифікованого ПМ є *k*-вимірною послідовністю „0”, „-1” та „+1”:

Значення	0	...	0	-1	...	-1	0	...	0	1	...	1	0	...	0
Номер члена послідовності	1	...	<i>i</i> -1	<i>i</i>	...	<i>j</i>	<i>j</i> +1	...	<i>l</i> -1	<i>L</i>	...	<i>f</i>	<i>f</i> +1	...	<i>k</i>

де $k = n - 2$; *i*, *j*, *f* – номери членів послідовності.

Параметр *p* визначається відношенням кількості збігу значень штрих-коду відповідних номерів послідовності для невідомого ПМ та ПМ із бази даних до об’єму вибірки *n*. Значення *p* знаходиться в інтервалі чисел [0, 1], при *p* = 1 має повну відповідність штрих-кодів двох ПМ.

Крім цього, на будь якому етапі ідентифікації ПМ додаток „Спектральний аналіз” дозволяє змінити діапазон хвильових чисел спектру, що відповідно призводить до повторних обчислень першої та другої похідних та кодування смуг за встановленим пороговим рівнем.

У базі даних додатку „Спектральний аналіз” зберігається ім'я ПМ, посилання на файл даних спектру, діапазон хвильових чисел, параметри фільтрації, значення відхилень базового і порогового рівнів, штрих-код ПМ та закодований штрих-код у змінну типу double.

Висновки. Розробка алгоритму побудови штрих-коду ПМ за його спектром поглинання у середньому інфрачервоному діапазоні відкриває можливості до створення зручної бази штрих-кодів основних конструкційних матеріалів для використання у промисловості та державних органах метрологічного контролю. Базова структура алгоритму реалізована авторами у вигляді програмного додатку „Спектральний аналіз” системи інженерно-фізичних розрахунків MATLAB. Перевірка результатів роботи цієї програми показала її високу ефективність у ідентифікації ПМ на основі лінійних аморфних полімерів.

Перспективою подальших досліджень є розробка комп'ютерної системи для порівняння та кодування штрих-кодів при записі спектрів із різною роздільною здатністю спектрометрів для їх можливого використання у інших експертних системах при ідентифікації ПМ.

Список використаних джерел:

1. Blanco M. NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool / M. Blanco, I. Villarroya // Trends in analytical chemistry. – 2002. – Vol. 21. – N. 4. – P. 240–250.
2. Купцов А. Х. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров / А. Х. Купцов, Г. Н. Жижин. – М.: Техносфера, 2013. – 696 с.
3. Sproue collection of Infrared Spectra: (Series of 4 books), Book I, Polymers, Sproue Scientific Systems, Charlotte, NC. – 1987.
4. Hummel D. O. Atlas of plastics additives: analysis by spectrometric methods / D. O. Hummel. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2002. – 569 p.
5. The Sadtler Standard Spectra series: Attenuated Total Reflectance Spectra of Polymers 1987. The Infrared Spectra Atlas of Monomers and polymers, Philadelphia, PA, 1980. Infrared Spectra Atlas of Polymer Additives. – V. 1–3. The Sadtler Research Laboratories (Division of Bio-Rad) Philadelphia, PA, 1987. An infrared spectroscopy atlas for the Coatings Industry, D. G. Anderson, S. K. Duffer, J. M. Julian, R. W. Scott, T. M. Sutliff, M. J. Vaickus, and J. T. Vandeberg, Federation of Societies for Coatings Technology, Philadelphia, 1980. – 896 p.
6. Pouchert C. J. Library of Infrared spectra / C. J. Pouchert. – Aldrich Chemical Co., 1981. – 1850 p.
7. Dillon J. D. Infrared Spectroscopy Atlas of Polyurethanes / J. D Dillon. – Technomic Publishing Co.: Lancaster, PA, 1989. – 195 p.
8. Атласы ИК-спектров органических веществ, полимеров, каучуков, резин и др. / Под ред. акад. В. А. Коптюга. – Новосибирск, НИОХ СО АН СССР, НИЦ по молекулярной спектроскопии. – Вып. 1–37. – 1978–1988.
9. [Hendra](#) P. J. Raman Spectra of Polymers / [P. J. Hendra](#), [J. K. Agbenyega](#). – New York: John Wiley & Sons Chichester, 1993. – 333 p.
10. Шайерс Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика / Дж. Шайерс. – СПб.: Научные основы и технологии, 2012. – 640 с.
11. TruDefender FT and TruDefender FTi Handheld Chemical Identification [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/TRUDEFENDERFTCHEM>
12. IRAffinity-1S [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.shimadzu.com.ua/spectral-equipment/iraffinity-1s>
13. Дьяконов В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник / В. Дьяконов. – СПб.; Питер, 2002. – 608 с.
14. Кетков Ю. Л. MATLAB 7: программирование, численные методы / Ю. Л. Кетков, А. Ю. Кетков, М. М. Шульц. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 752 с.

Стаття надійшла до редакції 17.05.2019

УДК 629.083 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.15

А.И. Назаров¹, И.А. Назаров¹, Е.М. Шпинда¹, Н.И. Мисюра¹, В.Б. Коханенко²*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет¹**Национальный университет гражданской защиты Украины²***ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИЛ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРМОЖЕНИЯ ДВУХОСНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Рассматриваются вопросы, связанные с влиянием изменения коэффициента распределения тормозных сил между осями легкового автомобиля Lanos в различном весовом состоянии на величину относительного изменения замедления в процессе эксплуатации и выбором рационального его значения. Выбор такого коэффициента распределения тормозных сил, в соответствии с уточненной теорией, позволит при экстренных торможениях на сухом асфальтобетоне создать условия для реализации большего тормозного момента на колесах задней оси автомобиля.

Ключевые слова: двухосный автомобиль, коэффициент межосевого распределения тормозных сил, замедление.

О.І. Назаров¹, І.О. Назаров¹, Є.М. Шпинда¹, М.І. Мисюра¹, В.Б. Коханенко²*Харківський національний автомобільно-дорожній університет¹**Національний університет цивільного захисту України²***ВПЛИВ ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТА РОЗПОДІЛУ ГАЛЬМІВНИХ СИЛ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЛЬМУВАННЯ ДВОВІСНИХ АВТОМОБІЛІВ**

Розглядаються питання, пов'язані з впливом зміни коефіцієнта розподілу гальмівних сил між осями легкового автомобіля Lanos у різному ваговому стані на величину відносної зміни уповільнення в процесі експлуатації і вибором раціонального його значення. Вибір такого коефіцієнта розподілу гальмівних сил, відповідно до уточненої теорії, дозволить при екстрених гальмуваннях на сухому асфальтобетоні створити умови для реалізації більшого гальмівного моменту на колесах задньої осі автомобіля.

Ключові слова: двовісний автомобіль, коефіцієнт міжосьового розподілу гальмівних сил, уповільнення.

A. Nazarov¹, I. Nazarov¹, E. Spinda¹, N. Misura¹, V. Kochanenko²*Kharkov National Automobile and Highway University¹**National University of Civil Protection of Ukraine²***INFLUENCE OF CHANGE OF BRAKING FORCES DISTRIBUTION COEFFICIENT DURING OPERATION ON THE TWO-SHAFT CAR BRAKING EFFICIENCY**

Issues related to the influence of changes in the brake force distribution coefficient between the axles of a Lanos passenger car in a different weight state on the value of the relative change in deceleration during operation and the choice of its rational value are considered. The choice of such a coefficient of distribution of braking forces, in accordance with a revised theory, will allow for emergency braking on dry asphalt concrete to create conditions for the realization of a greater braking torque on the wheels of the rear axle of the car.

The specified refinements did not affect the value of the rational calculated coefficient of adhesion, but the value of the constant coefficient of distribution of braking forces between the axles corresponding to this choice is shifted to the region of lower values. The choice of such a coefficient of distribution of braking forces, in accordance with a revised theory, will allow for emergency braking of Lanos cars on dry asphalt concrete to create conditions for the realization of a relatively greater deceleration of up to 16.5%.

Key words: biaxial car, center brake distribution coefficient, deceleration.

Постановка проблеми. В известных работах [1, 2] определены суммарные динамические нормальные реакции на передней и задней осях автомобиля в соответствии с классической теорией, т.е. на грани блокирования колес.

Необходимость получения выражения для идеального распределения тормозных сил была обусловлена [3-5] необходимостью предотвращения одновременного блокирования передних и задних колес, что оказывает влияние на устойчивость и эффективность торможения. Поэтому необходимо рассмотреть модель автомобиля, соответствующую торможению с незаблокированными и заблокированными колесами на горизонтальном участке пути, с учетом внешних тормозных моментов на осях и сил аэродинамического сопротивления автомобиля, а также моментов инерции вращающихся масс и моментов сопротивления качению колес.

Анализ последних исследований и публикаций. Оценка влияния суммарных динамических нормальных реакций на колесах каждой оси автомобиля на предельное распределение тормозных сил предоставляет возможность сформулировать основные причины

снижения тормозной эффективности легковых автомобилей в процессе их эксплуатации, среди которых имеет место не полное использование удельной тормозной силы на колесах задней оси.

Идеальному процессу торможения с одновременным доведением до грани блокирования всех колёс соответствует классическое уравнение [1]

$$\beta = \frac{b}{L} + z \cdot \frac{h}{L}, \quad (1)$$

где b, h – координаты центра масс транспортного средства;

L – продольная база транспортного средства;

z – коэффициент торможения.

Указанное выражение работает для динамической модели автомобиля в случае торможения со всеми заблокированными колёсами, однако при не заблокированных колесах зависимость для тормозной силы на колесах задней оси не идентична.

Не решенная часть проблемы. В классической литературе [1, 2] дана оценка изменению коэффициента распределения тормозных сил между осями автомобиля при торможении с заблокированными колесами. Однако влияние изменения коэффициента распределения тормозных сил между осями автомобиля с учетом фаз процесса торможения на эффективность торможения ранее не рассматривалось.

Цель и методы ее достижения. Целью работы является оценка влияния коэффициента распределения тормозных сил между осями автомобиля на минимальное относительное замедление с учетом фаз процесса торможения.

Решение поставленной проблемы обеспечивается использованием обобщения и анализа известных научных результатов с использованием методов классической механики и математического моделирования.

Алгоритм решения. Для оценки минимального различия между значениями нормальных осевых реакций, определяемых из выражений по классической [1, 2] и уточненной [6-8] теории торможения автомобиля, воспользуемся полученными уравнениями для нормальных реакций

$$R_{z1} = G_a \cdot \left[\frac{b}{L} + z \cdot \frac{h - r_\delta}{L} \right], \quad (2)$$

$$R_{z2} = G_a \cdot \left[\frac{a}{L} - z \cdot \frac{h - r_\delta}{L} \right], \quad (3)$$

где G_a – вес автомобиля;

a – координата центра масс автомобиля;

r_δ – динамический радиус колес автомобиля.

Процесс торможения автомобиля, при котором колёса передней и задней осей одновременно доводятся до грани блокирования, можно считать идеальным, и к которому необходимо стремиться. Его реализация возможна при недопущении блокирования колёс и коэффициенте распределения общей тормозной силы на переднюю ось, определяемом из [6]

$$\beta = \frac{b}{L} + z \cdot \frac{h - r_\delta}{L}. \quad (4)$$

Предположим, что, имея идеальное устройство для распределения тормозных сил, возможным есть доведение передних и задних колёс до предела блокирования. В этом случае в соответствии с уточненной теорией тормозные силы на осях будут отличаться от классических и соответствуют уравнениям [6-8]

$$P_{T1} = G_a \cdot \varphi \cdot \left[\frac{b}{L} + z \cdot \frac{h - r_\delta}{L} \right], \quad (5)$$

$$P_{T2} = G_a \cdot \varphi \cdot \left[\frac{a}{L} - z \cdot \frac{h - r_\delta}{L} \right]. \quad (6)$$

где φ – коэффициент сцепления колес с опорной поверхностью дороги.

С использованием известных классических [1, 2] и представленных [6-8] выше уточненных зависимостей, на примере легкового автомобиля Lanos, получены расчётные значения идеального коэффициента распределения тормозных сил между осями, представлены в табл. 1 и табл. 2, при следующих параметрах [9]:

– автомобиль со снаряженной массой ($a=0,959$ м, $b=1,561$ м, $h=0,561$ м, $h_w=0,63$ м, $L=2,52$ м; $r_{св}=0,28$ м, $G_a=10960$ Н);

– автомобиль с полной массой ($a=1,185$ м, $b=1,335$ м, $h=0,402$ м, $h_w=0,471$ м, $L=2,52$ м; $r_{св}=0,28$ м, $G_a=15950$ Н).

Таблица 1

Расчётные значения идеального коэффициента распределения тормозных сил между осями автомобиля Lanos со снаряженной массой

Параметр	Значение параметра							Расчетная формула
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
Коэффициент торможения, z	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
Коэффициент, β	0,642	0,653	0,664	0,675	0,686	0,697	0,708	(4)
	0,664	0,686	0,708	0,730	0,752	0,774	0,796	(1)

Таблица 2

Расчётные значения идеального коэффициента распределения тормозных сил между осями автомобиля Lanos с полной массой

Параметр	Значение параметра							Расчетная формула
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
Коэффициент торможения, z	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
Коэффициент, β	0,540	0,545	0,55	0,555	0,560	0,565	0,570	(4)
	0,562	0,578	0,594	0,610	0,626	0,642	0,658	(1)

На основании расчетных данных (см. табл. 1 и табл. 2) построены графические зависимости коэффициента распределения тормозных сил между осями легкового автомобиля Lanos от коэффициента торможения, представленные на рис. 1 и рис. 2.

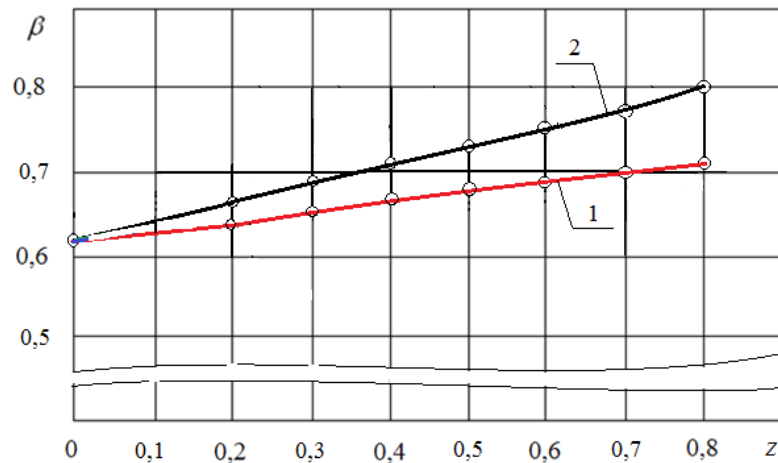
Анализ кривых (см. рис. 1 и рис. 2) показывает, что величина коэффициента распределения тормозных сил между осями автомобиля при заблокированных колёсах (кривая 2) расположена выше кривой 1 (при неблокированных колесах). При этом в случае торможения легкового автомобиля с неблокированными колесами коэффициент распределения тормозных сил изменяется в меньших пределах, чем при блокированных. Максимального же значения достигает коэффициент распределения тормозных сил между осями при любом нагрузочном состоянии легкового автомобиля в случае достижения предела блокирования всех колес.

С учетом аэродинамического фактора [7, 8] при торможении со всеми заблокированными колёсами предельные тормозные силы на осях автомобиля будут определяться по зависимостям

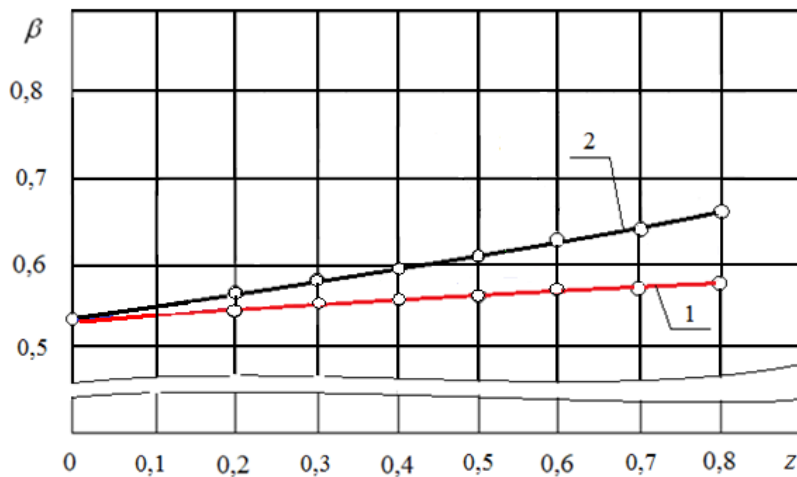
$$P_{T1} = G_a \cdot \varphi \cdot \left[\frac{b}{L} + z \cdot \frac{h}{L} - \frac{\Delta P_{wi}}{G_a} \right], \quad (7)$$

$$P_{T2} = G_a \cdot \varphi \cdot \left[\frac{a}{L} - z \cdot \frac{h}{L} + \frac{\Delta P_{wi}}{G_a} \right]. \quad (8)$$

где $\frac{\Delta P_{wi}}{G_a}$ – аэродинамический фактор.



1 – кривая, соответствующая торможению без блокирования колёс;
2 – кривая, соответствующая торможению при всех заблокированных колёсах
Рис. 1. Изменение коэффициента распределения тормозных сил между осями легкового автомобиля Lanos со снаряженной массой



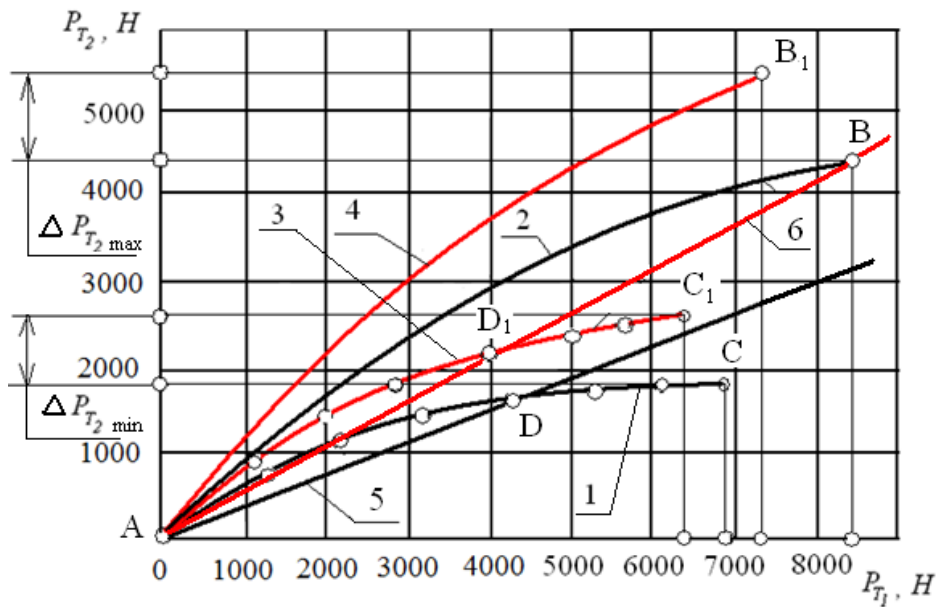
1 – кривая, соответствующая торможению без блокирования колёс;
2 – кривая, соответствующая торможению при всех заблокированных колёсах
Рис. 2. Изменение коэффициента распределения тормозных сил между осями легкового автомобиля Lanos с полной массой

Пренебрегая аэродинамическим сопротивлением автомобиля, полученные зависимости принимают вид классических [1]

$$P_{T1} = G_a \cdot \varphi \cdot \left[\frac{b}{L} + z \cdot \frac{h}{L} \right], \quad (9)$$

$$P_{T2} = G_a \cdot \varphi \cdot \left[\frac{a}{L} - z \cdot \frac{h}{L} \right]. \quad (10)$$

На рис.3 приведены графические зависимости идеальных осевых тормозных сил автомобиля Lanos, построенные с помощью уравнений (7) и (8) в соответствии с уточненной теорией (кривые 3 и 4) и с помощью уравнений (9) и (10) – в соответствии с классической теорией (кривые 1 и 2), а также действительных осевых тормозных сил (прямые 5 и 6), обеспечиваемых тормозным приводом.



- 1 и 2 – кривые существующего идеального распределения тормозных сил между осями автомобиля Lanos со снаряженной массой;
- 3 и 4 – кривые предлагаемого идеального распределения тормозных сил между осями автомобиля Lanos с полной массой;
- 5 и 6 – прямые постоянного распределения тормозных сил

Рис. 3. Существующие и предлагаемые идеальные характеристики распределения тормозных сил между осями легкового автомобиля Lanos

В соответствии с уточненной теорией [7, 8] по расчёту рационального распределения тормозных сил между осями при некотором оптимальном коэффициенте сцепления [2] согласно (4) для неблокированных колес можно определить

$$\beta_{рац} = \frac{b}{L} + \varphi_o \cdot \frac{h - r_{\delta}}{L}. \tag{11}$$

Тогда согласно (1) для блокированных колес рациональный коэффициент распределения тормозных сил между осями автомобиля

$$\beta_{рац} = \frac{b}{L} + \varphi_o \cdot \frac{h}{L}. \tag{12}$$

При неблокированных колесах двухосного автомобиля с учетом зависимости Гредескула А.Б. [2] в пределах изменения коэффициента торможения от минимального до максимального значения соотношение осевых тормозных сил будет соответствовать

$$\frac{P_{T2}}{P_{T1}} = \frac{1}{\beta_{рац}} - 1 = \frac{1}{\frac{b}{L} + \left(\frac{a}{L} \cdot z_{min} + \frac{b}{L} \cdot z_{max} \right) \cdot \frac{h - r_{\delta}}{L}} - 1. \tag{11}$$

При блокированных колесах это соотношение имеет вид

$$\frac{P_{T2}}{P_{T1}} = \frac{1}{\beta_{рац}} - 1 = \frac{1}{\frac{b}{L} + \left(\frac{a}{L} \cdot z_{min} + \frac{b}{L} \cdot z_{max} \right) \cdot \frac{h}{L}} - 1. \tag{12}$$

Прямая 5 (см. рис. 3) соответствует существующему постоянному рациональному распределению тормозных сил между осями автомобиля Lanos. При чем, точка D пересечения кривой 1 и прямой 5 соответствует оптимальному коэффициенту сцепления колёс с дорогой $\varphi_o = 0,53$, при котором в соответствии с классической теорией должно происходить одновременное блокирование колёс при выбранном постоянном распределении тормозных сил между осями, характеризуем выражением (1), $\beta = \beta_{рац} = 0,74$.

Однако, в соответствии с выражением (4) постоянное значение коэффициента распределения тормозных сил между осями при $\varphi_o = 0,53$ равно $\beta = \beta_{рац} = 0,68$.

При этом точка D_1 пересечения кривой 3 и прямой 6 соответствует оптимальному коэффициенту сцепления колёс с дорогой, при котором должно происходить доведение до грани блокирования всех колёс при выбранном постоянном распределении тормозных сил между осями $\beta = \beta_{рац} = 0,68$ (см. рис. 3).

Таким образом, приведенные уточнения не повлияли на величину оптимального расчётного коэффициента сцепления $\varphi_o = 0,53$.

Кроме того, величина коэффициента межосевого распределения тормозной силы, определяемая в соответствии с полученным уравнением (4) $\beta = \beta_{рац} = 0,68$, меньше, нежели полученная по (1) $\beta = \beta_{рац} = 0,74$.

Следовательно, выбор коэффициента межосевого распределения тормозных сил в соответствии с уточненной теорией, по сравнению с классической, позволяет создать условия при торможениях на сухом асфальтобетоне (точки C_1 и B_1 , см. рис. 3) для реализации большей тормозной силы на колесах задней оси автомобиля Lanos со снаряженной массой на $\Delta P_{T2max} = 30,1\%$, а с полной массой – на $\Delta P_{T2max} = 20,5\%$.

При этом минимальная величина относительного увеличения замедления двухосного автомобиля теоретически возможна при минимально возможном аэродинамическом сопротивлении, определяемом коэффициентом лобового сопротивления и начальной скоростью торможения, и может быть определена по формуле

$$\delta_j = 1 - \frac{P_{T1}^k + P_{T2}^k}{P_{T1}^y + P_{T2}^y + P_w}, \quad (13)$$

где P_{T1}^k, P_{T2}^k – предельные тормозные силы на передней и задней осях автомобиля в i -ом весовом состоянии, определяемые по классической теории (точки C и B , см. рис. 3);

P_{T1}^y, P_{T2}^y – предельные тормозные силы на передней и задней осях автомобиля в i -ом весовом состоянии, определяемые по уточненной теории (точки C_1 и B_1 , см. рис. 3);

P_w – аэродинамическая сила лобового сопротивления автомобиля.

Минимальная величина относительного увеличения замедления автомобиля Lanos с коэффициентом лобового сопротивления 0,35 имеет место при начальных скоростях торможения до 80 км/час и составляет около 5,5%.

Как видно, с учетом минимального аэродинамического сопротивления автомобиля Lanos, что справедливо при начальных скоростях торможения до 80 км/час, увеличение предельных замедлений, определяемых по классической и уточненной теории, незначительно и разнится в пределах погрешности расчета. Следовательно, это и есть то значение начальной скорости торможения данного автомобиля, при котором аэродинамическое сопротивление можно не учитывать.

Таким образом, для легкового автомобиля Lanos в случае экстренных торможений с начальной скоростью более 80 км/час в соответствии с уточненной теорией точка одновременного доведения до грани блокирования всех колёс должна находиться на пересечении кривой 3 и прямой 6 (см. рис. 3) при $\varphi_o = 0,53$ и $\beta = 0,68$. В таком случае при экстренных торможениях учет сил аэродинамического сопротивления движению создает условия для реализации большего тормозного момента на колесах задней оси, что повышает эффективность торможения на 16,5%.

Выводы. В результате проведенных теоретических исследований получен диапазон изменения идеального коэффициента распределения тормозных сил между осями легкового автомобиля Lanos при изменении коэффициента торможения в пределах 0,2–0,8, который составляет:

- а) для автомобиля со снаряженной массой при торможении:
 - с неблокированными колесами 0,642–0,708;
 - с блокированными колесами 0,664–0,709;
- б) для автомобиля с полной массой при торможении:
 - с неблокированными колесами 0,540–0,570;

- с заблокированными колесами 0,562–0,658.

Следовательно, идеальный коэффициент распределения тормозных сил с увеличением коэффициента торможения в случае неблокированных колес обеих осей автомобиля изменяется в меньших пределах, чем при заблокированных, на 18,7–19,6%.

2. Учет фаз процесса экстренного торможения легкового автомобиля Lanos не оказывает влияния на выбор оптимального расчетного коэффициента сцепления, однако соответствующие этому выбору значение постоянного коэффициента распределения тормозных сил между осями смещается в область более низких значений.

Выбор такого коэффициента распределения тормозных сил, в соответствии с уточненной теорией, позволит при экстренных торможениях двухосных автомобилей на сухом асфальтобетоне, например Lanos, создать условия для реализации большего замедления на 16,5%, что соответствует увеличению тормозного момента на колесах задней оси со снаряженной массой на 30,1%, с полной массой - на 20,5%.

3. Совместный учет фаз процесса торможения двухосного автомобиля и сил аэродинамического сопротивления движению создает условия для реализации большего тормозного момента на колесах задней оси за счет снижения действительного коэффициента межосевого распределения тормозных сил, что повышает эффективность экстренных торможений, начиная с некоторой начальной скорости торможения в соответствии с коэффициентом лобового сопротивления кузова.

Список использованной литературы:

1. Агейкин Я.С. Теория автомобиля [Электронный ресурс]: учеб.пособ. / Я.С. Агейкин, Н.С. Вольская. – М.: МГИУ, 2008. – 318 с. – Режим доступа: <http://www.books.google.com.ua/books>.
2. Гредескул А.Б. Законы регулирования тормозных сил автомобиля при действии боковой силы в процессе торможения / Гредескул А.Б., Подригало М.А., Фаворов Н.Ю. – Харьков: ХАДИ, 1980. – 24с.
3. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / [Подригало М.А., Волков В.П., Кирчатый В.И., Бобошко А.А.]; под ред. М.А. Подригало. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 403 с.
4. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / [Подригало М.А., Волков В.П., Карпенко В.А. и др.]; под ред. М.А. Подригало. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 614 с.
5. Гухо В.Г. Аэродинамика автомобиля / Гухо В.Г.; [пер. с немец.]. – М.: Машиностроение, 1987. – 403 с.
6. Podrigalo, M. Improvement of the Assessment Methods for the Braking Dynamics with ABS Malfunction / Podrigalo, M., Klets D., Sergiyenko O. and other // SAE 36th Annual Brake Colloquium and Exhibition, Brake 2018; JW Marriott Desert Springs Palm Desert; United States. – 14–17 October 2018. – Engin. Inst, Baja Calif. Autonom. Univ., Mexico, 2018.
7. Назаров І.О. Вплив експлуатаційних умов на ефективність гальмування легкових автомобілів: Міжвузівський збірник / Назаров І.О., Назаров В.І. // Наукові нотатки (за галузями знань «Технічні науки»). Луцьк: ЛНТУ, 2014. – Вып. 56. С. 119-127
8. Nazarov I. Evaluation of research road car Lanos, equipped with an advanced hydraulic brake drive: Сборник научн. трудов / Nazarov I. // Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ, 2016. – Вып.39. – С. 101–108
9. Назаров В.И. Перераспределение вертикальных нагрузок при экстренном торможении легкового автомобиля, движущегося в воздушном потоке на горизонтальном участке дороги / Назаров В.И. // Вісник НТУ «ХП»: Серія «Механіка та машинобудування». – Харків, 2014. – №1. – С. 102-110.

Рецензенты:

Волков В.П., докт. техн. наук, профессор, ХНАДУ

Войтов В.А., докт. техн. наук, профессор, ХНТУСХМ

Стаття надійшла до редакції 15.09.2019

УДК 677.017 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.16

Л.В. Назарчук, О.Л. Ткачук, Л.М. Метельська

Луцький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ МЕРЕЖИВА ДЛЯ ДЕКОРУВАННЯ СУЧАСНОГО ЖІНОЧОГО ОДЯГУ

В статті розглянуто способи застосування мережива для декорування жіночого одягу. Проведено дослідження з визначення показників, що характеризують фізико-механічні властивості мережива. В результаті проведених випробувань встановлено, що особливості застосування мережива залежать від його властивостей, виду та елемента одягу.

Ключові слова: декорування, одяг, мереживо, властивості

Л.В. Назарчук, О.Л. Ткачук, Л.М. Метельська

Луцький національний технічний університет

ПРИМЕНЕНИЕ КРУЖЕВА ДЛЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЖЕНСКОЙ ОДЕЖДЫ

В статье рассмотрены способы применения кружева для декорирования женской одежды. Проведены исследования по определению показателей, характеризующих физико-механические свойства кружева. В результате проведенных испытаний установлено, что особенности применения кружева зависят от его свойств, вида и элемента одежды.

Ключевые слова: декорирование, одежда, кружево, свойства

L. Nazarchuk, O. Tkachuk, L. Metelska

Lutsk national technical university

APPLICATION OF THE LACE FOR DECORATION OF MODERN WOMEN CLOTHING

In the article the processes of designing women's clothing with different finishes, materials used in the manufacture of clothing, and the use of lace for the decoration of women's clothing are reviewed. Methods are considered. The methods of using a lace for decorating modern women's clothes are considered. Theoretical and practical investigations on the influence of the properties of modern lace materials on the design of women's clothing were conducted. The indicators characterizing the physical and mechanical properties of lace, and aesthetic indicators are determined.

As a result of the tests shown that the features of the use of a lace depend on its properties, the type and the element of clothing.

On the basis of research of physical-mechanical properties of lace, practical recommendations developed for designing and manufacturing of modern women's clothing with decorative decoration. It is established that in the process of designing and making clothes when choosing materials for decoration it is necessary to take into account the properties of both the main textile materials and decorating.

Key words: decoration, clothes, lace, properties

Постановка проблеми. Для виготовлення виробів легкої промисловості використовується велика кількість різноманітних матеріалів, які відрізняються структурою, властивостями, способом виготовлення.

Матеріали, які використовуються при виготовленні одягу, поділяються на текстильні та нетекстильні. Найбільш широко використовуються текстильні матеріали, які виробляють з пряжі та ниток – продукції текстильних виробництв. Це тканини, трикотажні та неткані полотна, швейні нитки. Нетекстильні матеріали випускають підприємства інших галузей промисловості. Це такі матеріали як: штучні шкіри, плівки, матеріали з плівковими покриттями, клеї, натуральні шкіри та хутро [1].

Всі матеріали, які використовуються в швейному виробництві при виготовленні одягу, поділяються на групи за призначенням. Способів оздоблення жіночого одягу є багато: оздоблення буфами, вишивкою, мережкою, китицями, помпонами, квітами, рюшами, воланами, жабо, аплікацією, мереживом і ін.

Мереживо – це найбільш простий спосіб прикрасити будь яку деталь гардеробу і придати їй новизни.

Мереживо складається із тонких переплетень ниток, які утворюють особливий візерунок. Це дуже тонкий і легкий напівпрозорий матеріал. Для різних видів рукоділля застосовують мережива, які відрізняються по кольору, орнаменту, ширині, виконані із різних видів ниток і мають різну ступінь розтягу (Рис.1, 2).

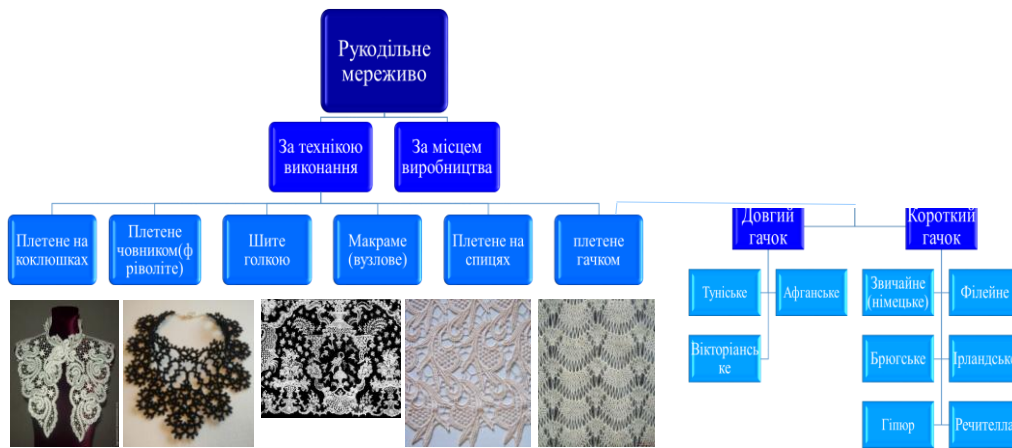


Рис. 1. Класифікація мережива

Асортимент матеріалів для оздоблення, які використовують при виготовленні сучасного одягу, досить різноманітний.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У всі часи для придання краси і витонченості костюму, в якості декору, оздоблення деталей одягу, швейники застосовували мереживо. За останні роки мереживо перетворилося на одне із джерел натхнення, в якому матеріал, форма, конструкція, декор і спосіб виконання традиційної технології є творчою ідеєю для створення зовсім нових художньо-конструкторських і технологічних рішень сучасного одягу.

Українське мереживо та в'язання – донедавна маловивчені види декоративно-ужиткового мистецтва. На відміну від ткацтва чи вишивки ґрунтовне дослідження генези, періодизації, типології, художніх особливостей мереживних та в'язаних виробів на території України, західноукраїнських теренів зокрема, в українській мистецтвознавчій науці не здійснювалося. Перш за все це пов'язано з тим, що такі витвори поширились у народному побуті значно пізніше, ніж ткани та вишиті. Окрім того, такі вироби були невеликі за розмірами, інколи – малопомітні, що, можливо, «відвертало» від них увагу як мистецького явища на тлі розмаїтих художніх тканин та вишивальних технік [2].

Дослідження процесів проектування жіночого одягу з різним оздобленням проводяться давно провідними вченими. З кожним роком з'являються нові матеріали, способи та технології їх виготовлення. Аналізом та виявленням закономірностей зміни композиційно-конструктивних параметрів жіночого одягу займалися Пашкевич К.Л., Вець Т.В. [3]. Систематизували оздоблення у сучасному жіночому одязі і представили у вигляді ієрархічної схеми та розширили класифікацію Бохонько О.П., Ярошук О.В., Вінтоняк Л.В. [4]. Шершун М.І. та Білей-Рубан Н.В. в роботі [5] представили визначальні властивості сучасних платтяних матеріалів з точки зору можливостей їх декорування і встановили їх взаємозв'язок з сучасним оздобленням для отримання нових конструктивно-декоративних та технологічних вирішень, систематизували вагомні технічні дані, як основних матеріалів, так і декору.

Постановка завдання. Мало дослідженою є проблематика впливу властивостей сучасних матеріалів на проектування жіночого одягу. Саме тому, виникає необхідність у подальших теоретичних та практичних дослідженнях.

Метою даної роботи є розробка практичних рекомендацій з проектування та виготовлення сучасного жіночого одягу оздобленого мереживом з врахуванням властивостей як основних текстильних матеріалів так і декоруючих.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- провести огляд сфер застосування мережива для декорування жіночого одягу;
- визначити показники, що характеризують фізико-механічні властивості мережива.

Виклад основного матеріалу. Мереживо – це класика, яка ніколи не вийде з моди, адже вона чудово підкреслює справжню жіночність. Мереживо додасть до будь-якого вбрання витонченості та елегантності. Найчастіше мереживом оздоблюють деякі вироби частково, а деякі майже повністю.

Мереживне полотно настільки ефектне, що такий одяг не вимагає яскравих прикрас або будь-яких доповнень. Не кожна жінка може одягнути напівпрозорий одяг, найчастіше подібне

вбрання демонструється на модних подіумах. Справа в тому, що у багатьох людей мережива асоціюються з нижньою білизною. Сьогодні дизайнери намагаються зламати цей стереотип і пропонують цілком буденні варіанти ажурних елементів гардеробу.[6]. На рис. 1 приведені ділянки одягу, на яких найчастіше застосовують мереживо.

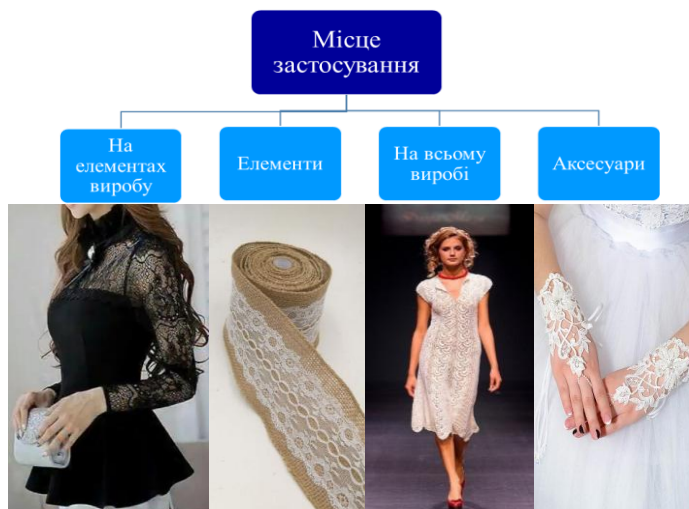
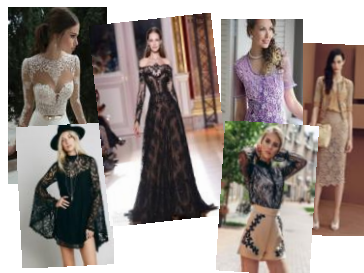


Рис.2. Застосування мережива в сучасному одязі

Будь який одяг з мереживним оздобленням підходить в якості святкового варіанту, а також і на кожен день для жінок, що звикли виглядати завжди вишукано. Мереживо використовується як на деталях виробу – часткове оздоблення, так і по всьому виробу – повне оздоблення виробу (Рис. 3). Популярним у наш час стало часткове оздоблення одягу мереживом, зокрема спини, горловини, низу виробу, боків, рукавів та ін.



а – часткове оздоблення



б – повне оздоблення

Рис. 2. Приклади оздоблення виробів мереживом

При допомозі мережива можна створити оптичну ілюзію – візуально зменшити талію та підкреслити груди, а також можна змінити будь яку деталь гардеробу.

Зміни моди в одязі, у даний час, стосуються матеріалів (кольору, рисунка і фактури), деталей (коміра, кишень, манжет тощо), ліній членування (кокеток, рельєфів, підрізів тощо) та конструкції у цілому, її силуету, об'ємної форми, пропорції, покрою рукава тощо [3].

Сьогодні дизайнери користуються різними матеріалами для створення сучасного модного одягу. Але у процесі проектування та виготовлення жіночого одягу з різних матеріалів потрібно враховувати вплив їхніх властивостей на елементи та виріб в цілому. Саме тому на різних етапах виробництва жіночого одягу оздобленого мереживом виникають труднощі. На підготовчо-розкрійному виробництві виникає складність у настиланні та викроюванні деталей конструкції, у швейному виробництві, проблеми виникають при виборі параметрів та методів з'єднання деталей та процесів обробки при ВТО.

Дослідження фізико-механічних властивостей мережива проводилися на зразках мережива, яке застосовується у виробництві ТзОВ «ЕленГруп» (м. Луцьк). Характеристика досліджуваних зразків мережива надана в таблиці 1.

Для запобігання некомфортного стану споживачів було вибрано показники, які характеризують гігієнічні та експлуатаційні властивості мережива [12]: питомий поверхневий

електричний опір (Ом), капілярність(мм), розривне навантаження (Н), розривне подовження (%), зміну лінійних розмірів(%).

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних мережив

Показник	Мереживо №1	Мереживо №2
Фото		
Питомий вміст складників волокнистого складу, %	ПЕ - 100	поліамід - 75 еластан - 15 віскоза - 10
Поверхнева щільність, г/м ²	200	53

Визначення питомого поверхневого електричного опору здійснювали відповідно до [9] на приладі марки ІЭСТП-1. Дослідження проводили в стандартних кліматичних умовах ($\phi=65\pm 2\%$, $t=20\pm 2^\circ\text{C}$). Капілярність визначали за [10]. Зміну лінійних розмірів по довжині після волого-теплової обробки визначали за ОСТ 17-790. Капілярність вимірювали на приладі PU-4. Розривальне навантаження визначали за [11] на розривальній машині РМ-250М. Видовження визначали на розривальній машині РМ-250М.

В таблиці 2 представлено результати вимірювання фізико-механічних властивостей досліджуваних мережив.

Таблиця 2

Характеристика фізико-механічних показників мережива

Показник	Мереживо №1	Мереживо №2
Електричний опір, Ом	$4,5 \cdot 10^{12}$	$3,9 \cdot 10^{12}$
Капілярність, мм	75	5
Зміна лінійних розмірів, %	0,05	1,5
Розривне навантаження, Н	230	150
Розривне подовження, %	56	250

Аналіз результатів показав, що обидва зразки мережива характеризуються високим показником питомого поверхневого електричного опору – $4,5 \cdot 10^{12}$ Ом (мереживо №1) та відповідно $3,9 \cdot 10^{12}$ Ом (мереживо №2), що можна пояснити природою волокон. Високий питомий електричний поверхневий опір є основною причиною електризації мережива. Накопичення статичної електрики залежить від інтенсивності виникнення зарядів та умов стікання. Інтенсивність виникнення зарядів визначається фізико-хімічними властивостями текстильних матеріалів, процес стікання – в основному електричними властивостями. Чим менший питомий поверхневий електричний опір і чим більша провідність, тим менша електризованість волокна [7].

Ступінь капілярного поглинання вологи залежить від здатності волокон і ниток змочуватися, а також від розташування капілярів у волокнах і нитках, що сприяє збільшенню капілярної конденсації. У зв'язку з цим напрям капілярів істотно впливає на капілярне поглинання. Капілярні процеси в текстильних матеріалах можливі завдяки їх пористій структурі і характеризуються сумарним ефектом капілярного проникнення в нитки та капілярні проміжки між ними. Важливими факторами, які впливають на показники капілярності, є природа та структура пряжі, з якої виготовлена тканина, а саме її хімічний склад, та поверхнева щільність [8]. Мереживо, вироблене із поліефірних волокон (зразок №1) характеризується більшою стійкістю до дії розривного навантаження та меншим відсотком видовження ніж мережива №2.

Естетичні показники мережива було визначено за допомогою органолептичного методу. Результати досліджень приведені в табл. 3.

Таблиця 3

Естетичні показники

Показники	Мереживо №1	Мереживо №2
Жорсткість	+++	+
Еластичність	+++	++++
Блиск	++++	+++
М'якість	+	++++

Щоб вибрати мереживо для декорування, потрібно визначитися з тим, де воно буде використовуватися. Для тонких напівпрозорих тканин краще використовувати таке ж тонке мереживо наприклад, мереживо №2. Для виробів із натуральних матеріалів використовуються лляні і бавовняні мережива. Витончене вишите мереживо і макраме використовується для створення натільної білизни та вечірніх суконь. Наприклад, мереживо № 1 краще застосовувати для комірців, манжет. Також потрібно приділити увагу вибору ширини мережива, адже від цього залежить його призначення і зручність у використанні.

Висновки. У процесі проектування та виготовлення одягу в залежності від його призначення при виборі матеріалів для декорування необхідно враховувати властивості як основних текстильних матеріалів, так і декоруючих. На основі досліджень фізико-механічних властивостей мережива розроблено практичні рекомендації для проектування та виготовлення сучасного жіночого одягу з декоративним оздобленням.

Література.

1. Патлашенко О.А. Матеріалознавство швейного виробництва: Навч. пос. 2-ге видання. К.: Арістей, 2006. – 288с.
2. Олена Козакевич Українські народні мереживні та в'язані вироби кінця ХІХ — початку ХХІ століття: історіографія питання Народознавчі зошити. Серія мистецтвознавча. № 5 (119), 2014. С. 951-966.
3. Пашкевич К.Л., Вець Т.В. Аналіз факторів і закономірностей зміни композиційно-конструктивних параметрів жіночого одягу. КНУТД 2016 №10 С.144-155
4. Бохонько О.П., Ярошук О.В., Вінтоняк Л.В. Дослідження оздоблення в сучасному жіночому одязі. Новітні технології, матеріали та дизайн у легкій промисловості та сервісі: нак.-практ. конф. ХНУ 2011 С. 95-97
5. Шершун М.І., Білей-Рубан Н.В. Визначальні властивості сучасних матеріалів для виготовлення жіночих суконь з декоруванням. Технологія харчової та легкої промисловості. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. Том 29(68)Ч.2 №6, 2018. С.139-144
6. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://osobista.in.ua/plattya-z-gipyuru-ta-merezhyva-na-2018-rik-na-modnyh-podiumah-i-miskyh-vulytsyah.html>
7. Остапчук О.В., Сарібеков Г.С., Ткачук О.Л. Дослідження фізико-механічних властивостей платтяно-костюмних тканин. Вестник Херсонского национального технического университета. Вып. 3(50). Херсон: ХНТУ, 2014 С. 77-81
8. Браславский В.А. Капиллярные процессы в текстильных материалах. – М. : Легпромбытиздат, 1987. – 112 с
9. ГОСТ 19616-74 «Ткани и трикотажные полотна. Метод определения удельного поверхностного электрического сопротивления» М.: 1974 – 8с.
10. ДСТУ ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. (ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81), ИДТ)». М.: 1981 - 13с.
11. ГОСТ 3813-72 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении» М.: 1972 – 20с.
12. ГОСТ 4.13-89 Система показателей качества продукции. Изделия текстильно-галантерейные бытового назначения. Номенклатура показателей. (ИУС N 2, 1993 год). М.: 1989 – 15с.

Стаття надійшла до редакції 05.07.2019

УДК 54 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.17

О.О. Підмурняк¹, А.Я. Ганзюк², О.І. Стремецький²Хмельницька обласна лікарня¹Хмельницький національний університет²**СТРУКТУРА, МІНЕРАЛЬНИЙ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД СЕЧОВОГО КАМІННЯ**

Интерпретовано ІЧ-спектри досліджуваних конкрементів та встановлено їх мінералогічний склад. Відношення каменів змішаного типу до тої чи іншої групи проводили по основній компоненті, яка становить більше 50% всієї мінеральної основи. Досліджено поверхні зразків уратного каміння за допомогою атомно-силової мікроскопії; отримано 2D і 3D фото, оцінено розміри наночастинок, що входять до їх складу. Рентгеноструктурний аналіз підтвердив мінералогічний склад уратного каміння, який взаємопов'язаний з результатами ІЧ-спектроскопії. Проаналізовано показники елементного складу конкрементів, які корелюють з їх мінералогічним складом згідно з результатами ІЧ-спектроскопії. Охарактеризовано основні фізико-хімічні показники води та встановлено кореляцію між ними та мінералогічним складом досліджуваного уратного каміння. Використання сучасних методів аналізу, а саме: рентгеноструктурного, рентгенофлуорисцентного, ІЧ-спектроскопії, атомно-силової спектроскопії дає можливість оцінити структуру, хімічний та мінералогічний склад досліджуваних конкрементів.

Ключові слова: конкременти, інфрачервона спектроскопія, рентгенофлуоресцентний аналіз, атомно-силова мікроскопія.

А.А. Підмурняк, А.Я. Ганзюк, А.И. Стремецкий

СТРУКТУРА, МИНЕРАЛЬНЫЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОЧЕВЫХ КАМНЕЙ

Интерпретировано ИК-спектры исследуемых конкрементов и установлено их минералогический состав. Отношение камней смешанного типа к той или иной группе проводили по основной компоненте, которая составляет более 50% всей минеральной основы. Исследованы поверхности образцов уратных камней с помощью атомно-силовой микроскопии; получено 2D и 3D фото, оценены размеры наночастиц, входящих в их состав. Рентгеноструктурный анализ подтвердил минералогический состав уратных камней, который коррелирует с результатами ИК-спектроскопии. Проанализированы показатели элементного состава конкрементов, которые коррелируют с их минералогическим составом согласно результатам ИК-спектроскопии. Охарактеризованы основные физико-химические показатели воды и установлено взаимосвязь между ними и минералогическим составом исследуемого конкремента. Использование современных методов анализа, а именно: рентгеноструктурного, рентгенофлуорисцентного, ИК-спектроскопии, атомно-силовой спектроскопии дает возможность оценить структуру, химический и минералогический состав исследуемых конкрементов.

Ключевые слова: конкременты, инфракрасная спектроскопия, рентгенофлуоресцентный анализ, атомно-силовая микроскопия.

O. Pidmurniak, A. Hanzjuk, O. Stremetskyi

STRUCTURE, MINERAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF URINARY STONES

The infrared spectra of the investigated concrements were interpreted and their mineralogical composition was established. Mixed type stones were included into a specific group based on the main component which constituted more than 50% of their mineral base. The surface of urinary stones samples was studied by atomic force spectroscopy; 2D and 3D photos were taken, the size of the nanoparticles that were present in the samples was estimated. X-ray diffraction confirmed the mineralogical composition of urinary stones, which is interrelated with the results of IR spectroscopy. The indexes of elemental composition of concrements, which correlate with their mineralogical composition according to the results of IR spectroscopy, were analyzed. The basic physical and chemical parameters of the water were defined and the correlation between them and the mineralogical composition of the investigated urinary stones was established. The use of the modern methods of analysis, namely: X-ray diffraction, X-ray fluorescence, IR spectroscopy, atomic force spectroscopy made it possible to estimate the structure, chemical and mineralogical composition of the investigated concrements.

Key words: concrements, infrared spectroscopy, X-ray fluorescence analysis, atomic-strength microscopy.

Постановка проблеми. Сечокам'яна хвороба є однією з найпоширеніших урологічних захворювань з рецидивним перебігом, що тягне за собою розвиток запальних і склеротичних ускладнень в нирках. За останні 50 років в урологічній літературі практично не з'являлось жодного комплексного дослідження сечового каміння. При вивченні цієї проблеми виникали численні труднощі. Сама назва і сутність патології – аспект теоретичних і прикладних задач урології. Але «продукт» цього хворобливого стану лежить поза меж компетенції медичних знань. А між тим, знання законів онтогенезу сечових каменів, є фундаментом в лікувальних і, тим більше, в профілактичних заходах.

Об'єкт дослідження: конкременти та їх фрагменти.

Предмет дослідження: процеси формування і утворення уратного каміння; встановлення кореляції між складом конкрементів та фізико-хімічними показниками води.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кристал – періодично впорядкована система атомів, іонів або молекул, організованих в ряди і плоскі сітки, що чергуються з певним періодом [2-4]. Зростання кристала відбувається за рахунок приєднання частинок з рідини або газу, що оточують зростаючий кристал, і добудовування нових плоских сіток. Система, в якій росте кристал, завжди містить дві субстанції, розділені границею поділу [21-24]. У класичному варіанті одна з них складається з рухомих частинок, є рідиною або газом, і називається ростовим середовищем. Друга фаза складається з практично нерухомих частинок - це і є тверде тіло, тобто кристал. Перебуваючи в постійному русі, частки рідини або газу стикаються з кристалом [15]. В результаті цього зіткнення частка або відскакує від поверхні, подібно тенісному м'ячу, або приєднується до неї [1-5]. Частинка, осаджена на поверхню кристала, може відразу міцно зв'язатися з його кристалічною решіткою і потім утримуватися в цьому положенні. Такий механізм росту кристалу називається нормальним. Він найбільш простий для розуміння, але в природі практично не реалізовується. Найчастіше частка зберігає можливість переміщення по поверхні грані і потім вбудовується тільки в найбільш енергетично вигідні позиції, утворюючи так звані «ростові ступені» на поверхні кристала. У більшості випадків в природних мінералоутворюючих системах реалізується саме цей механізм росту, іменованій пошаровим або тангенціальним. Частка, вбудована всередину кристала, знаходиться у взаємодії з іншими частинками кристала і утримується в цьому положенні силами хімічного зв'язку. У процесі росту кристали багатоеlementних сполук вимагають надлишку в ростовому середовищі всіх складених їх компонентів. Зокрема, зростання водних кальцію оксалатів в нирках, вимагає обов'язкової присутності надлишку як Ca^{2+} , так і $(\text{C}_2\text{O}_4)^{2-}$ іонів, при чому в хімічно активних формах, готових до безпосереднього закріплення в кристал [6-8].

Особливості кристалізаційних явищ в нирці в значній мірі визначаються тим, що мінералоутворююче середовище – сеча, характеризується транзиторними перенасиченнями і являє собою не іонний, а колоїдний розчин. У фізіологічних умовах цей перенасичений розчин зберігає гомогенність і існує без явищ кристалізації при 2-3 кратному перевищенні концентрацій відповідних компонентів над розчинністю основних каменеутворюючих фаз - оксалатів кальцію, фосфатів кальцію, магнію і амонію, а також сечової кислоти [5]. В основі механізму запобігання зростання мінеральних фаз в сечовій системі лежить процес утримання катіонів та аніонів в розчиненому стані за допомогою переходу їх з хімічно активних іонних форм в комплексні сполуки. Інгібіторами каменеутворення виступають неорганічні субстанції і макромолекулярні білкові сполуки. Реальні форми знаходження іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , $(\text{C}_2\text{O}_4)^{2-}$, $(\text{PO}_4)^{3-}$, $(\text{HPO}_4)^{2-}$ в сечі часто невідомі. Тому навіть знання їх абсолютних концентрацій не дозволяє дати достовірний прогноз формування сечових каменів певного мінерального складу в організмі конкретного пацієнта [18-19].

Крім того, необхідно враховувати той факт, що одні й ті ж компоненти сечі в залежності від типу уролітіазу є як інгібіторами, так і промоторами каменеутворення, що надзвичайно ускладнює завдання пошуку кількісних закономірностей, що пов'язують особливості сечі з характером каменеутворення. При першому наближенні задовільний клінічний прогноз може бути отриманий при визначенні активності катіонів та аніонів з урахуванням іонної сили і рН сечі. У зв'язку з цим, велика група дослідників відзначала, що ступінь достовірності прогнозу небезпечної ситуації підвищується при використанні програмних пакетів, розрахунком ризику – індексів каменеутворення, а також інших показників, що визначають ступінь порушення метаболізму і побічно оцінюють можливість формування каменів. Основним напрямком при цьому є кількісна оцінка внеску розчинних комплексних сполук та іонних пар в загальний баланс Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , $(\text{NH}_4)^+$, $(\text{PO}_4)^{3-}$, $(\text{C}_2\text{O}_4)^{2-}$, $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ в сечі пацієнтів [6].

Необхідно відзначити, що утворення уролітів не може проходити осторонь від термодинамічного стану сечі. Перенасичення колоїдного розчину сечі відбивається на зміні поверхнево вільної енергії розділу рідина-тверде тіло. Це призводить до підвищення активності процесів нуклеації, агрегації і епітаксії. У формуванні конкрементів важливу роль відіграють не тільки термодинамічні, але і кінетичні чинники. Це суттєво ускладнює фізико-хімічний аналіз потенційних кристалізаційних явищ і робить необхідним комплексний облік взаємодії ступеня пересичення розчину, наявності інгібіторів, що перешкоджають виникненню мікрочастин і їх агрегування, характеру органічної матриці, явищ епітаксії, а також позиції, в якій відбулося зародження і розростання уроліту. Зростання мінеральних фаз в такому «кристалізаторі» як нирка буде визначатися, по-перше, колоїдним станом розчину і його високим пересиченням, по-друге,

дискретним характером надходження рідини в нирку і, по-третє, стислістю періодів наповнення і спорожнення ниркової миски[15-17].

Постановка завдання. Мета роботи полягала у дослідженні структури, хімічного та мінералогічного складу досліджуваних конкрементів для встановлення зв'язку з основними фізико-хімічними показниками води.

Викладення основного матеріалу. Матеріалом для досліджень послужили результати аналізу мінерального складу 39 сечових каменів від 16 жінок і 23 чоловіків, вікова категорія яких становила від 20 до 75 років. Мінеральний склад конкрементів або їх фрагментів визначали методом інфрачервоної спектроскопії на ІЧ-Фур'є спектрометрі Shimadzu (Японія) з використанням бібліотеки спектрів сечових каменів відомого складу[9]. Відношення каменів змішаного типу до тієї чи іншої групи проводили по основній компоненті, яка становить більше 50% всієї мінеральної основи.

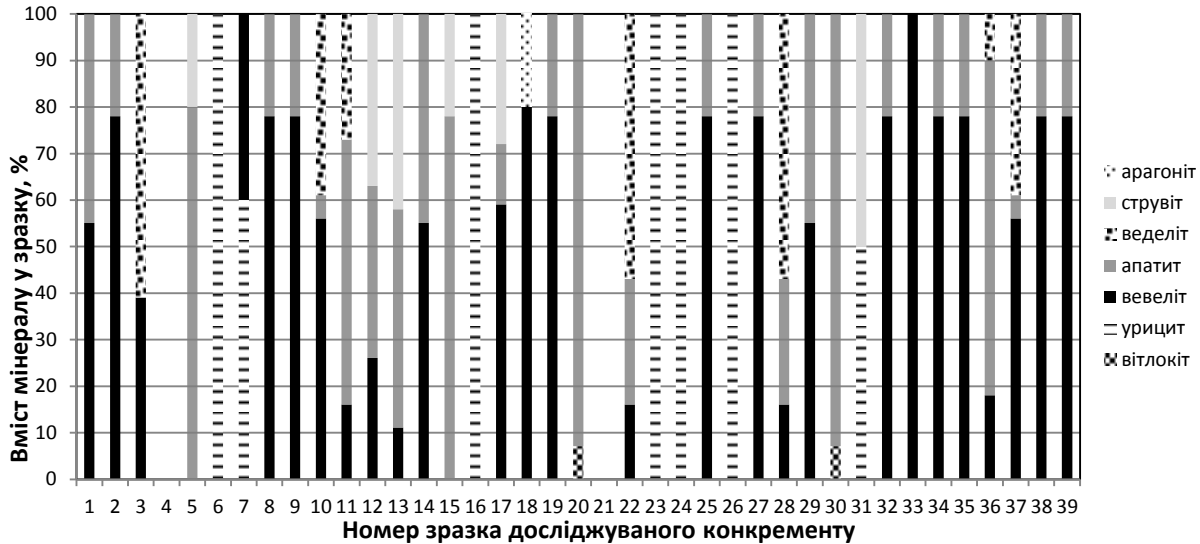


Рис. 1. Наявність мінералів у досліджуваних конкрементах

З результатів визначення складу (рис. 1), можна зробити висновок, що мінералу Вітлокіту у досліджуваних зразках конкрементів міститься 5,10%; Урициту– 17,90%; Вевеліту - 66,60%; Ведделіту– 17,95%; Струвіту– 15,38%; Арагоніту – 2,5 %.Зразок 18 і 19 з правої і лівої нирки одного пацієнта, але їх сечові конкременти відрізняються мінеральним складом. У лівій нирці присутні Арагоніт та Вевеліт, а у правій – Апатит та Вевеліт. Серед 39 респондентів у шести з них виявлено Струвіт, який відноситься до так званих «інфекційних» кальцієвих камінців, що утворюється при інфекції сечових шляхів уреазапродукуючою флорою.

На рисунках2-3 наведено ІЧ спектри деяких досліджуваних зразків сечового каміння.

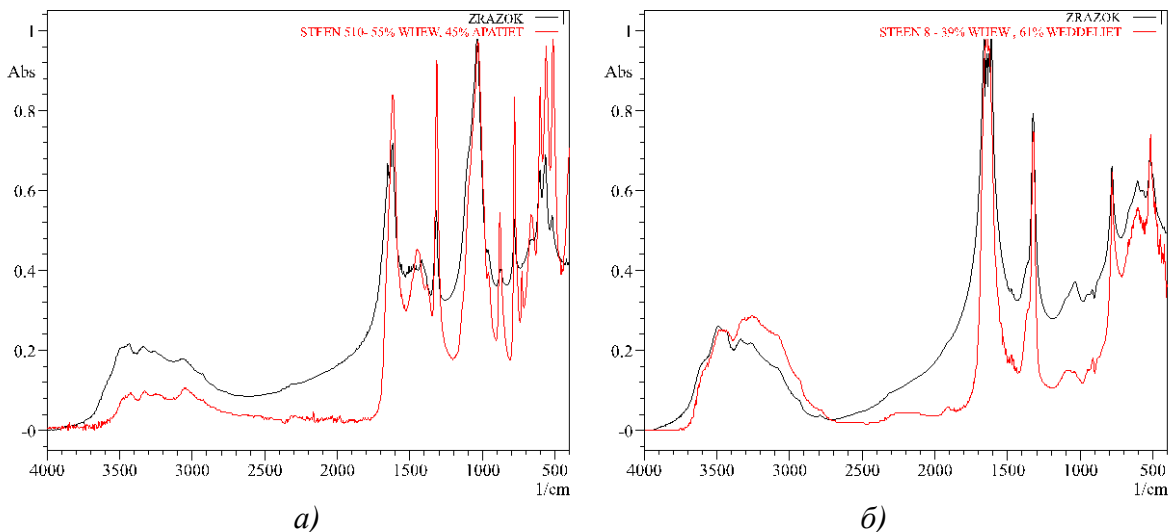


Рис. 2.ІЧ-спектри конкрементів складу: а) 55% Вевеліт45% Апатит та б) 39% Вевеліт61%Ведделіт

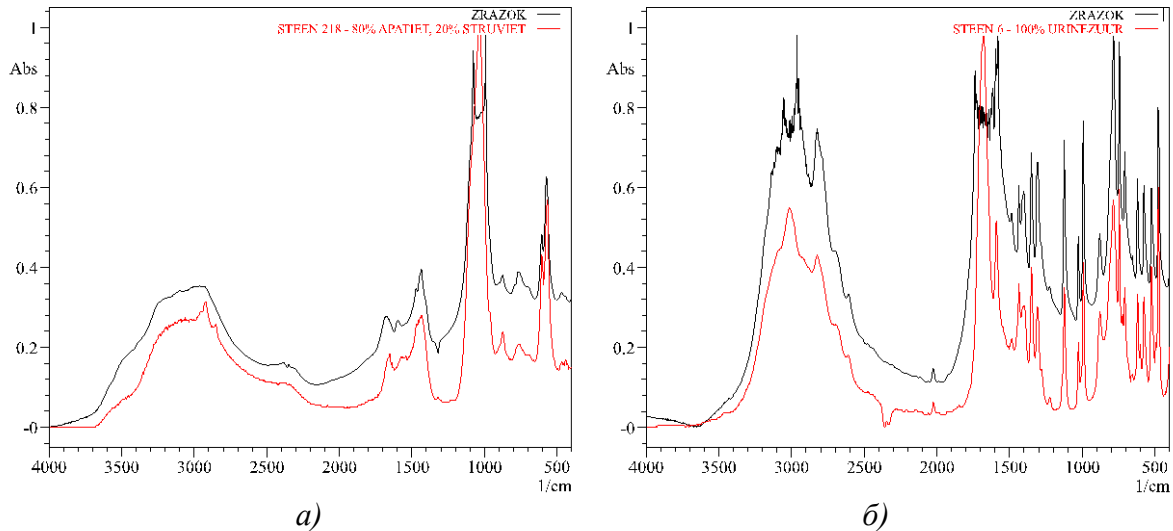


Рис. 3. ІЧ-спектри конкрементів складу: а) 80% Апатит 20% Струвіт та б) 100% Урицит

Елементний склад отриманий за допомогою енергодисперсійного рентгенофлуоресцентного методу наведено у таблицях 1-3:

Таблиця 1

Хімічний склад досліджуваних зразків конкрементів з вмістом 43% Вевеліт 57% Апатит

Вміст оксидів та елементів	Al ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	O	Al	P	Ca
Зразок конкременту	4,435	41,513	54,051	44,396	2,347	23,587	29,670

Таблиця 2

Хімічний склад досліджуваних зразків конкрементів з вмістом 100% Вевеліт

Вміст оксидів та елементів	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	O	P	S	Ca	Fe
Зразок конкременту	33,781	8,620	46,695	10,905	38,930	4,759	16,909	33,373	6,029

Таблиця 3

Хімічний склад досліджуваних зразків конкрементів з вмістом 40% Вевеліт 60% Урицит

Вміст оксидів та елементів	SiO ₂	CaO	ZnO	P ₂ O ₅	O	P	S	Ca	Zn
Зразок конкременту	2,173	76,031	0,114	20,197	34,948	8,814	0,077	54,339	0,092

Слід зазначити, що найбільший вміст Ca знаходиться у зразку конкрементів складу 40% Вевеліт – 60% Урицит, а найменший – у 43% Вевеліт– 57% Апатит.

Морфологію досліджуваних конкрементів оцінювали за допомогою атомно - силового мікроскопа NT-206 фірми "Мікротестмашини" (м. Гомель, Білорусь) із стандартним зондом CSC37 і жорсткістю консолі 0,3 - 0,6 Н/м. Сканування проводили в контактному статичному режимі зі швидкістю 10 мкм/с і кроком 0,3 нм. Зразки для АСМ отримували нанесенням дисперсії частинок в спирт або гексані на кварцове скло з подальшим випаровуванням розчинника. Зразок складу

59% Апатит–41% Струвіт містить наночастинки, які утворюють укрупнені агрегати та вистроюються в лінійні ланцюги. На рисунках 4-7 представлені виділені фрагменти з лінією перерізу 1-2. Діаметр частинок становив 2,5; 4,4; 4,1 нм.

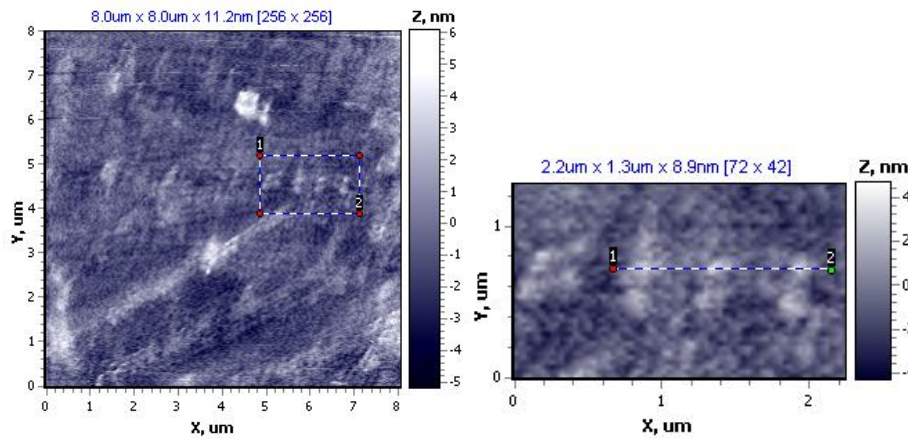


Рис.4. Виділений фрагмент з лінією перерізу 1-2

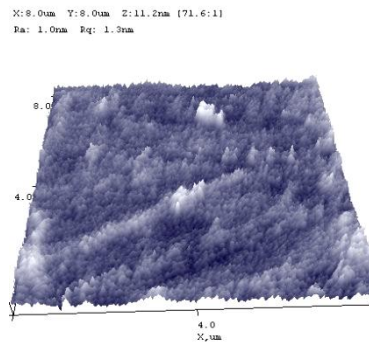


Рис. 5. 3D зображення поверхні досліджуваного конкрементускладу 59% Апатит 41% Струвіт

Зразок конкременту з мінеральним складом 85% Урати– 15% Вевеліт містить дрібні наночастинки, витягнуті агломерати і один великий агрегат. Діаметри частинок становили 6, 7; 8,8 нм.

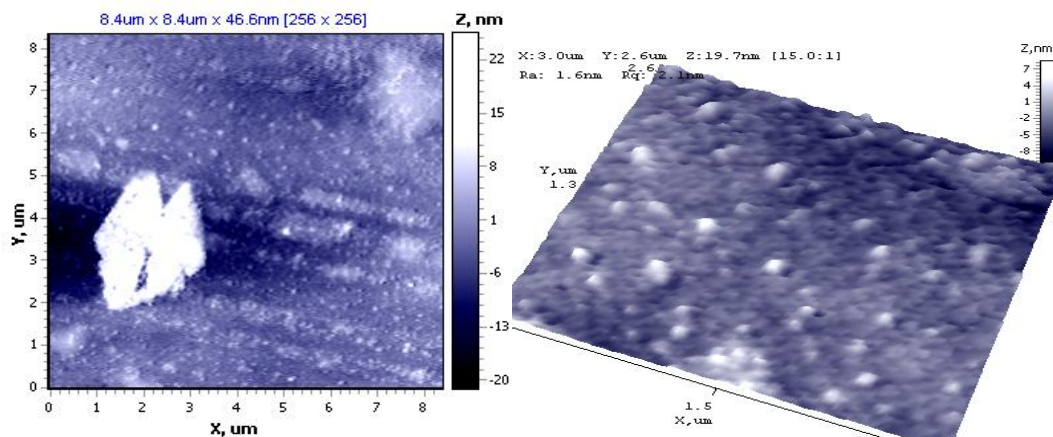


Рис.6. 3D зображення поверхні досліджуваного конкременту з мінеральним складом 85% Урати15% Вевеліт

Багатофазний зразок конкременту складу Вевеліт 62% –Вітлокіт 25% –Веделіт – 13% містить витягнуті агрегати з наночастинок. На рисунках представлені виділені фрагменти з лінією перерізу 1-2 та 3Dзображення досліджуваного конкременту. Висота агрегатів становила 30,9; 54,7; 47,8 нм, а їх довжина - 478,8 нм.

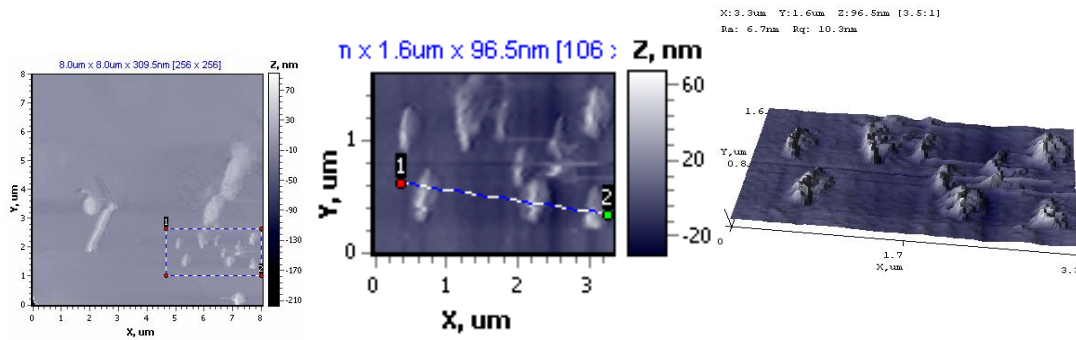


Рис. 7. Виділені фрагменти з лінією перерізу 1-2 та 3D зображення досліджуваного конкременту складу Вевеліт 62% Вітлокіт 25% Веделіт 13%

Для детального дослідження структури уратного каміння проведено рентгеноструктурний аналіз, а на рисунку 8 наведені порошкові рентгенограми зразків, відібраних, відповідно, з внутрішньої і приповерхневої частин досліджуваних конкрементів. Спільною рисою досліджених фрагментів є слабо інтенсивні дифракційні картини, що особливо характерні для внутрішніх частин каменів. Це може бути обумовлено тим, що більша частина матеріалів знаходиться в аморфному стані. Внутрішні слабо зцементовані частини великих виділень є матеріалом, який легко розтирається в ступці з утворенням білого порошку з бежевим відтінком. На рентгенограмах цієї частини каменю (рис. 8а) спостерігаються дифракційні відображення з міжплощинним відстанями 5,19; 4,06; 3,898; 3,436; 3,175; 3,079; 2,81; 2,778; 2,718; 2,627 Å.

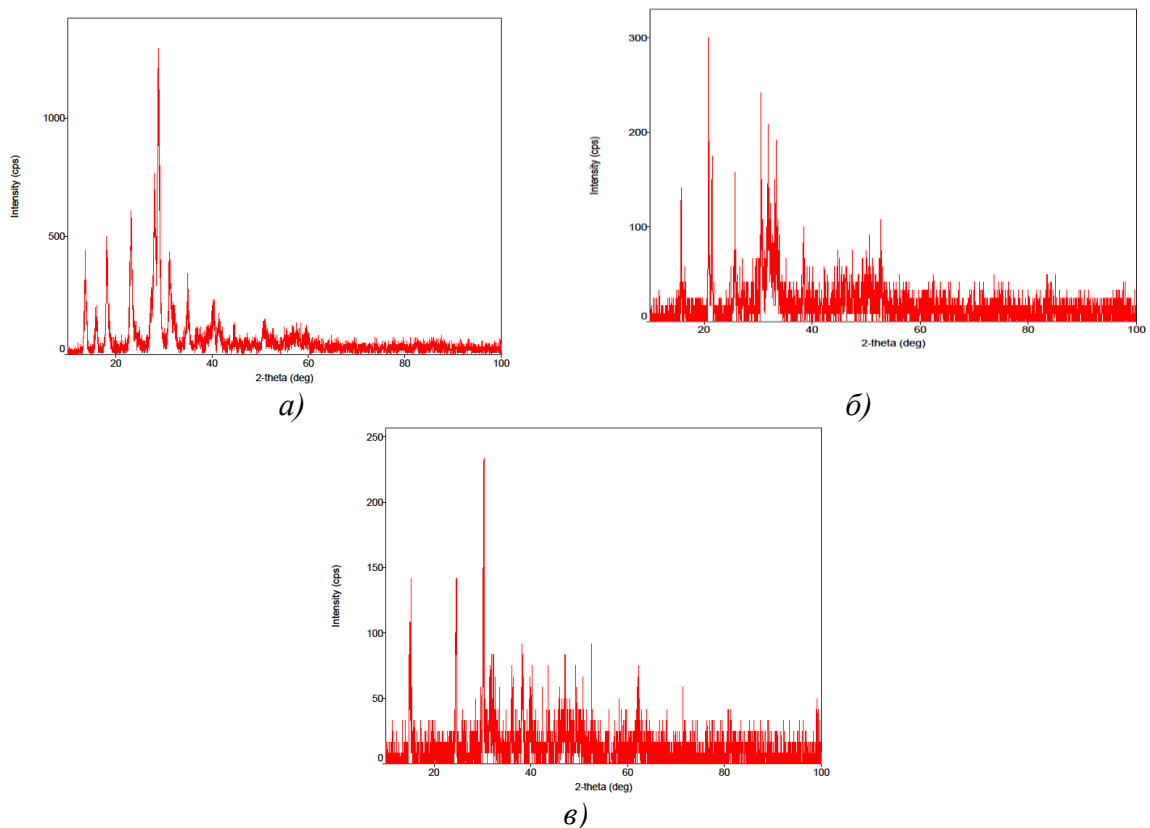


Рис. 8. Порошкова рентгенограма матеріалу з внутрішньої частини зразка конкременту в області 10 - 80° кутів 2 θ . Віднесення дифракційних ліній: а) Ap–Апатит, St–Струвіт б) St –Струвіт, в) Wh - Вевеліт, Wt–Вітлокіт

На рентгенограмах наступного зразка досліджуваного конкременту (рис. 8б) спостерігаються дифракційні відображення з міжплощинними відстанями: 6,16; 5,93; 5,61; 5,38; 4,26; 4,14; 3,298;

2,96; 2,912; 2,803; 2,695; 2,655 Å, що відносяться до ортофосфату магнію і амонію –струвіту $MgNH_4PO_4 \cdot 2H_2O$.

На рентгенограмах третього зразка досліджуваного конкременту(рис. 8в) спостерігаються дифракційні відображення з міжплощинними відстанями: 5,890; 3,615; 2,943; 2,842Å, що відносяться до вевеліту $CaC_2O_4 \cdot H_2O$. В значно меншій кількості в цьому матеріалі присутній вітлокит $Ca_3(PO_4)_2$, який визначається за характерною для цього мінералу дифракційної лінії з міжплощинною відстанню 2,583Å.

Цікаво було прослідкувати взаємний зв'язок між фізико-хімічними показниками питної води (централізованого і децентралізованого водопостачання) та складом досліджуваних конкрементів. Вищевказані показники надані ДУ «Хмельницький обласний лабораторний центр МОЗ України» за останні чотири роки, а саме в період від 2014 по 2018 роки. Так як у Хмельницькому (в тому числі і м. Хмельницький) та Кам'янець-Подільському (в тому числі і м. Кам'янець-Подільський) районах за даними Хмельницької обласної лікарні зафіксована за 2018 рік найбільша кількість урологічних захворювань, то встановлення кореляції починали саме з цих населених пунктів. Показники порівнювались з існуючими Державними Санітарними нормами по воді Д Сан Пін 2.24-171-10. На рисунку9 представлено вміст амонію, нітритів, сульфатів у питній воді Хмельницького району та наведені показники жорсткості води (до уваги взято тільки ті фізико-хімічні показники, що перевищили норми Д Сан Пін).

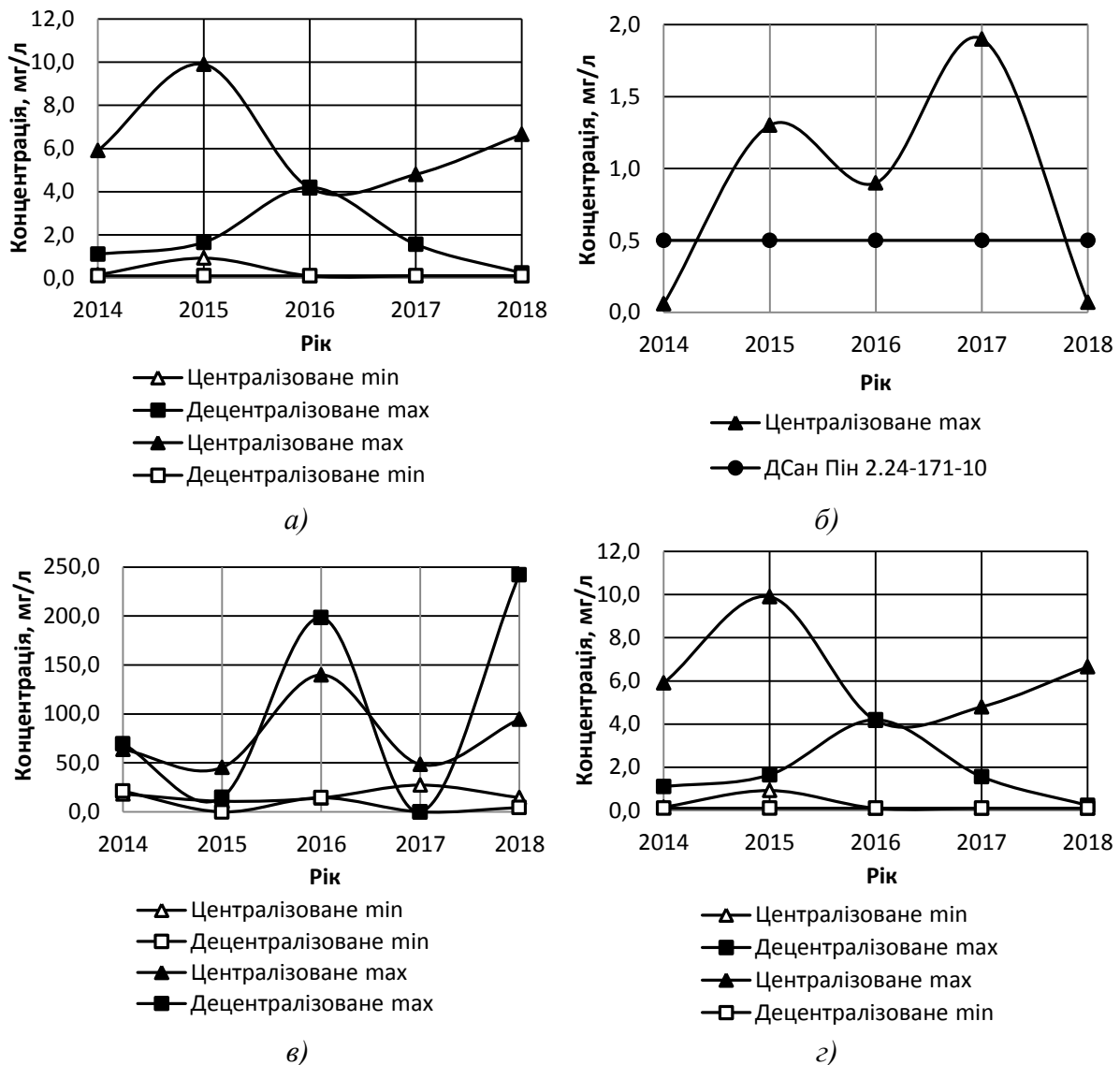


Рис. 9. Вміст у питній воді м. Хмельницький а) амонію, б) нітритів, в) сульфатів, г) солей жорсткості (жорсткість води)

На протязі 2014-2018 років вміст заліза у воді перевищує норми ДСан Пін в середньому у 20 разів. Вміст марганцю найвищий у 2014-2015 роках, при нормі 0,05 мг/л, він становив від 9,7 до 1,69 мг/л. Мідь знаходиться у межах норми на протязі досліджуваного періоду. Сухий залишок мав найгірші показники у 2015 та 2017 роках і при нормі 1000 мг/л становив від 1828 до 2250 мг/л.

На підставі результатів ІЧ-спектроскопії щодо мінерального складу досліджуваних конкрементів, з урахуванням кількості пацієнтів та фізико-хімічних показників води, яку вони вживали, представлено діаграму вмісту мінералів в уратному камінні(рис. 10).

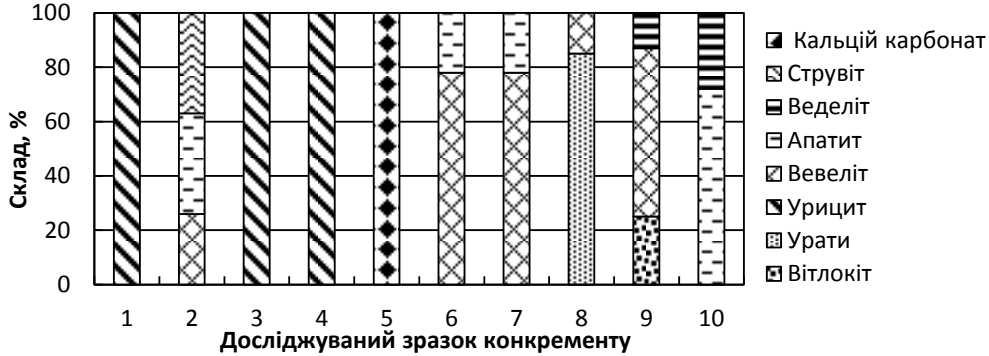


Рис. 10. Вміст мінералів в уратному камінні м. Хмельницький

Таким чином, у Хмельницькому районі (в тому числі і м. Хмельницький) до складу конкрементів входять розповсюджені уроліти змішаного типу вевеліт-апатит($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$), а також монофазні конкременти урицити($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}$), що являють собою дигідрати сечової кислоти.

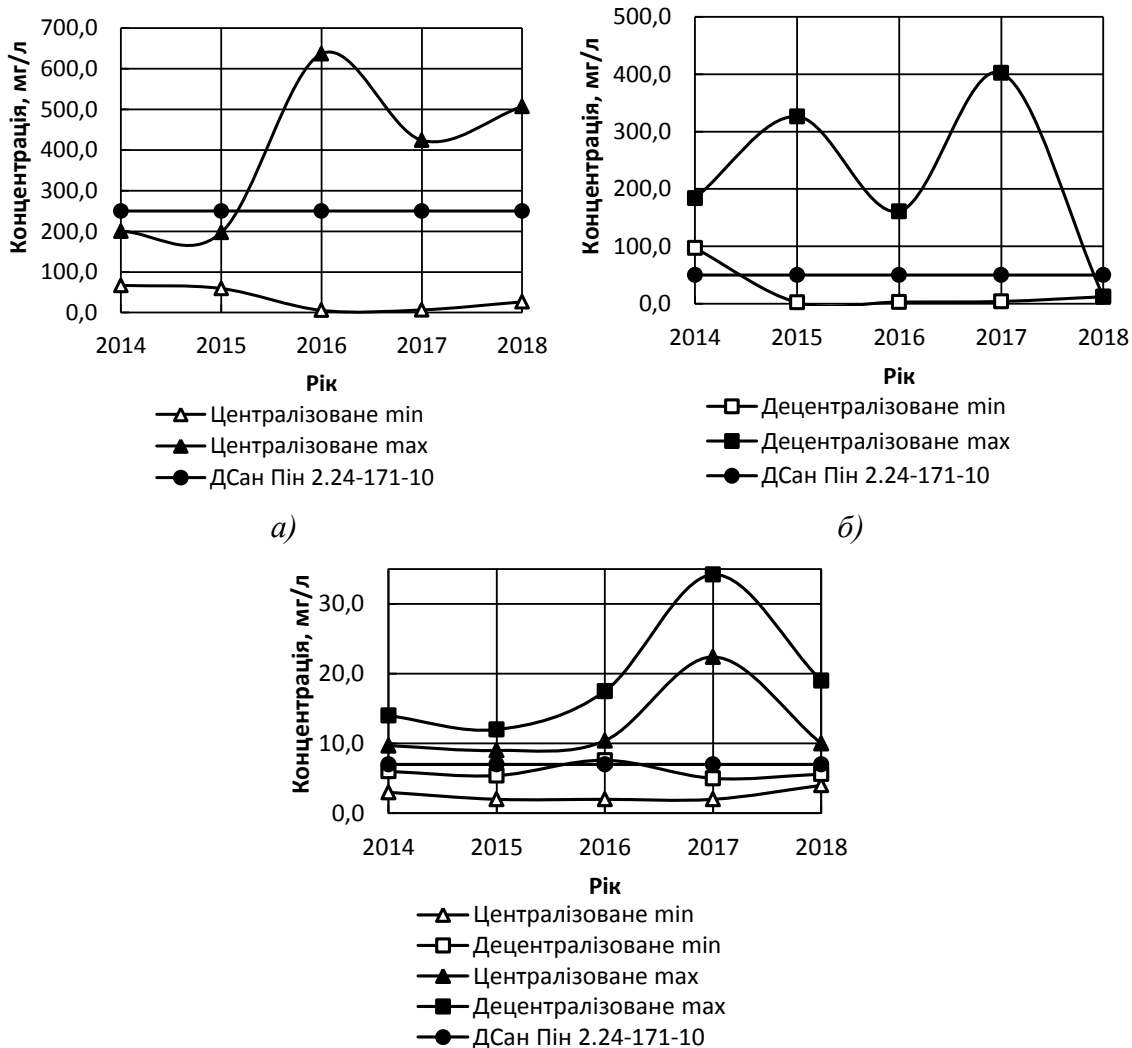


Рис. 11. Вміст у питній воді м. Кам'янець-Подільський а) сульфатів, б) нітратів, в) солей жорсткості (жорсткість води)

Аналогічно проаналізовано основні фізико-хімічні показники питної води та встановлено кореляцію їх з мінеральним складом досліджуваних конкрементів. На рисунку 11 представлено вміст сульфатів, нітратів у питній воді Кам'янець-Подільського району (м. Кам'янець-Подільський в тому числі) та наведені її показники жорсткості.

Вміст сульфатів перевищує у 2016 році втричі норми Д Сан Пін, а у 2018 – вдвічі. Вміст нітратів при нормі 50 мг/л становив у 2017 році 400 мг/л. Сухий залишок у 2016-2017 роках перевищує норму втричі, а жорсткість питної води максимальна у 2017 році. Діаграма (рис. 12) демонструє вміст мінералів в уратному камінні.

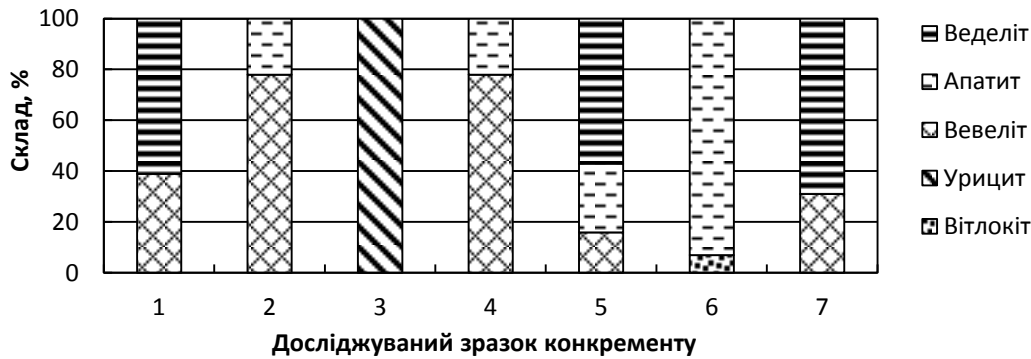


Рис. 12. Вміст мінералів в уратному камінні м. Кам'янець-Подільський

У Кам'янець-Подільському району (м. Кам'янець-Подільський в тому числі) до складу конкрементів входять розповсюджені уроліти змішаного типу вевеліт-апатит ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$), а також монофазні конкременти веделіти ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Тобто, однією з причин утворення конкрементів є географічний чинник, в якому роль відіграє склад води. Крім того, важливим є кліматичний фактор та різні захворювання нирок і органів сечостатевої системи [12-14].

Висновки. Таким чином, інтерпретовано ІЧ-спектри досліджуваних конкрементів та встановлено їх мінералогічний склад. Відношення каменів змішаного типу до тої чи іншої групи проводили по основній компоненті, яка становить більше 50% всієї мінеральної основи. Досліджено поверхні зразків уратного каміння за допомогою атомно-силової мікроскопії; отримано 2D і 3D фото, оцінено розміри наночастинок, що входять до їх складу. Рентгеноструктурний аналіз підтвердив мінералогічний склад уратного каміння, який корелює з результатами ІЧ-спектроскопії. Проаналізовано показники елементного складу конкрементів, які взаємопов'язані з мінералогічним їх складом згідно з результатами ІЧ-спектроскопії. Охарактеризовано основні фізико-хімічні показники води та встановлено кореляцію між ними та мінералогічним складом досліджуваного уратного каміння. Використання сучасних методів аналізу, а саме: рентгеноструктурного, рентгенофлуоресцентного, ІЧ-спектроскопії, атомно-силової спектроскопії дає можливість оцінити структуру, хімічний та мінералогічний склад досліджуваних конкрементів. А це, в свою чергу, полегшить роботу медичних працівників у призначенні дієтичного харчування кожного пацієнта.

Список використаних джерел:

1. Структура, минеральный и химический состав мочевых камней / А.Ю. Чиглинец, Э.В. Сокол, Д.Ю. Нохрин. – Челябинск, 2010. 160 с.
2. Шафрановский И. И. Лекции по кристалломографии минералов / И. И. Шафрановский. – Львов: Изд-во Львовского гос. университета, 1960. – 163 с.
3. Козлова О. Г. Рост и морфология кристаллов / О. Г. Козлова. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 357 с.
4. Пунин Ю. О. Расщепление кристаллов / Ю. О. Пунин // Зап. Всерос. минералог. о-ва – 1981. – Вып. 6. – С. 667–686.
5. Павлов Н.Н. Теоретические основы общей химии (учебное пособие для вузов) / Н.Н. Павлов. – М.: Высшая школа, 1978. – 304 с.
6. Роль биохимических методов в динамическом наблюдении и лечении больных мочекаменной болезнью / Н.К. Дзеранов [идр.] // Урология. – 2001. – № 1. – С. 18–20.
7. Каткова В.И. Мочевые камни: минералогия и генезис / В.И. Каткова; отв. ред. Н.П. Юшкин, Я.Э. Юдович; УрО РАН, Коми науч. центр. Ин-т геологии. – Сыктывкар: Б. и., 1996. – 86 с.

8. Медведев В.В., Волчек Ю.З. Клиническая лабораторная диагностика: Справочник для врачей / Под ред. В.А. Яковлева.– СПб., 1995; Медицинские лабораторные технологии и диагностика: Справочник / Под ред. А.И. Карпищенко. – СПб., 1998; Шулуток Б.И. Внутренняя медицина: Руководство для врачей. В 2 т. – СПб., 1999.
9. Кораго А.А. Введение в биоминералогию / А.А. Кораго. – СПб.:Недра, 1992. – 279 с.: ил. – Библиогр.: с. 233–237.
10. Santin M. Changes in the surface conditioning of calcium-salt crystals treated with physiological and alkaline urine / M. Santin, A. Motta, M Cannas // Br. J. Urol. – 1998. – Vol. 82, № 1. – P. 97–103.
11. Верменич Я. Хмельницька область // Енциклопедія історії України : у 10 т. / редкол.: В. А. Смолій (голова) та ін. ; Інститут історії України НАН України. –К.:Наукова думка, 2013. – Т. 10 : Т – Я. – С. 386.
12. Главные минералогические типы почечных камней / Е.Н. Нигматулина [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. – 2004. – № 12. – С. 67–81.
13. Вайнберг З.С. Камни почек / З.С. Вайнберг. – М.: Медицина, 1971. – 198 с.: ил. – Библиогр.: с. 192-198.
14. Боржиевский Ц.К. Химический состав и структура мочевых камней у жителей Львовской области / Ц.К. Боржиевский, А.Г. Козий // Врачеб. дело. – 1979. – № 1. – С. 70–72.
15. Дасаева Л.А. Диагностика, медикаментозное лечение и профилактика мочекаменной болезни / Л.А. Дасаева, С.Н. Шатохина, Е.М. Шилов // Клиническая медицина. – 2004. – № 1. – С. 21–26.
16. Единый Ю.Г. Исследование минеральной (кристаллической) основы мочевых камней / Ю.Г. Единый // Урология: респ. межведом. сб. – 1974. – Вып. 8. – С. 106–110.
17. Козловский Ю.Г. Макро- и микроэлементный состав камней мочеточников и сухих остатков питьевой воды / Ю.Г. Козловский // Вопросы биогеохимических эндемий в Казахстане: тр.науч. исслед. ин-та краевой патологии / отв. ред. М.Е. Зельцер. – Алма-Ата, 1976. – Т. 30. – С. 164–168.
18. Мебель М. Кристаллы в почечных камнях / М. Мебель, Г. Брин, Шуберт // Наука и человечество / АН СССР, Всесоюз. о-во «Знание». – М., 1988. – С. 35–43.
19. Мочекаменная болезнь и микроэлементы в техногенной зоне / Е.С. Мамбеталин [и др.] // Материалы IV Всесоюзного съезда урологов (10-12 октября 1990 г.) / Всесоюз. съезд урологов. – М., 1990. – С. 90.
20. Шатохина С.Н. Экспресс-методы в диагностике ранних стадий мочекаменной болезни / С.Н. Шатохина, А.А. Дасаева, Е.М. Шилов // Клиническая медицина. – 2004. – № 2. – С. 39–41.
21. Аляев Ю.Г. Метафилактика мочекаменной болезни / Ю.Г. Аляев, А.В.Амосов, В.С. Саенко. – М.: ООО «Канц-Эксмо», 2007. – 350 с.
22. Оношко В.Ф., Зеленкова С.В., Ботвинкин А.Д. Эпидемиологический анализ заболеваемости мочекаменной болезнью взрослого населения Иркутской области // Экспериментальная и клиническая урология, 2013. – №3.– С. 8–11.
23. Türk (Chair) C. EAU guidelines on Urolithiasis / C. Türk (Chair), T. Knoll (Vice-chair), A. Petrik et al. // European Association of Urology. –2015.
24. Young R.A. The Rietveld Method // IUCr Monographs in Crystallography 5, Oxford Science Publications. – 1993.

Стаття надійшла до редакції 09.06.2019

УДК 004.932 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.18

А.І. Поляченко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

РУЧНА ОБРОБКА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЛІКАРЕМ-ДІАГНОСТОМ У СИСТЕМІ РОЗПІЗНАВАННЯ ТОМОГРАФІЧНИХ І РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ПОШУКУ І ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПАТОЛОГІЙ

У статті запропоновано та побудовано систему розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій. У даній статті необхідно розробити систему розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій та розглянути принципи ручної обробки медичних зображень лікарем-діагностом.

Для пошуку і локалізації аномалій на томографічних і рентгенівських знімках пропонується система, яка буде складатися з наступних блоків: блок введення інформації про пацієнта; блок обробки медичних зображень, що включає: згорткову нейронну мережу (ЗНМ) для класифікації томографічних і рентгенівських знімків; ЗНМ для визначення залежностей значень просторового фактора Wz від стандартизованих Z -значень і з наступним розрахунком коефіцієнту загальної просторової автокореляції; ЗНМ для сегментації томографічних і рентгенівських знімків; підсистему ручної обробки медичних зображень, що представлена лікарем-діагностом; блок для встановлення висновку, що включає нейронну мережу (НМ), призначену для порівняння отриманих результатів; блок для класифікації виявлених патологій, що включає НМ; базу даних, як вже існуючих знімків, так і нових, у т.ч. з результатом оброблення; блок підготовки звіту.

Ключові слова: ручна обробка, система розпізнавання, томографічні і рентгенівські знімки, пошук і локалізація патологій, лікар-діагност.

А.И. Поляченко

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

РУЧНАЯ ОБРАБОТКА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВРАЧА-ДИАГНОСТА В СИСТЕМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ И РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ПОИСКА И ЛОКАЛИЗАЦИИ ПАТОЛОГИЙ

В статье предложена и построена система распознавания томографических и рентгеновских снимков для поиска и локализации патологий. В данной статье необходимо разработать систему распознавания томографических и рентгеновских снимков для поиска и локализации патологий и рассмотреть принципы ручной обработки медицинских изображений врачом-диагностом.

Для поиска и локализации аномалий на томографических и рентгеновских снимках предлагается система, которая будет состоять из следующих блоков: блок ввода информации о пациенте; блок обработки медицинских изображений, включая: згортковий нейронну мережу (ЗЦМ) для класифікації томографічних і рентгеновських знімків; ЗЦМ для визначення залежностей значень просторового фактора Wz від стандартизованих z -значень і з наступним розрахунком коефіцієнта загальної просторової автокореляції; ЗЦМ для сегментації томографічних і рентгеновських знімків; підсистему ручної обробки медичних зображень, представлена лікарем-діагностом; блок для встановлення висновку, що включає нейронну мережу (НМ), призначену для порівняння отриманих результатів; блок для класифікації виявлених патологій, включає НМ; базу даних, як уже існуючих знімків, так і нових, у т.ч. з результатом обробки; блок підготовки звіту.

Ключевые слова: ручная обработка, система распознавания, томографические и рентгеновские снимки, поиск и локализация патологий, врач-диагност.

A.I. Poliachenko

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

MANUAL PROCESSING OF MEDICAL IMAGES BY A DIAGNOSTICIAN IN A TOMOGRAPHIC AND X-RAY RECOGNITION SYSTEM FOR THE SEARCH AND LOCALIZATION OF PATHOLOGIES

The research paper proposes and builds a system of recognition of tomographic and X-ray images for finding and localization of pathologies. In this research paper, it is necessary to develop a system of recognition of tomographic and X-ray images for finding and localization of pathologies and to consider the principles of manual processing of medical images by a diagnostician. To find and localize anomalies on tomographic and X-ray images, a system is proposed which will consist of the following units: the patient information entry unit; a medical images processing unit comprising: a convolutional neural network (CNN) for the classification of tomographic and X-ray images; CNN to determine the dependence of the values of the spatial factor Wz on the standardized z -values with further calculation of the coefficient of the total spatial autocorrelation; CNN for segmentation of tomographic and X-ray images; the manual image processing subsystem presented by the diagnostician;

An opinion unit, which includes a neural network (NN) designed to compare the results obtained; a unit for classification of detected pathologies, including NN; database of both existing images and new ones, including with the result of processing; report preparation unit. This system includes the following units: patient information entry, medical images processing for delivering an opinion, for classification of pathologies identified, database, report preparation. In the proposed

system, the initial step is to obtain tomographic or X-ray images, which are then fed to the patient information entry and medical images processing units. As a result of data entry, patient information is included in the database along with tomographic or X-ray images. In the proposed system of recognition of tomographic and X-ray images, for finding and localization of pathologies it is possible for the diagnostician to highlight the area suspicious from his/her point of view and further process only this area or, using existing convolutional neural networks, identify areas of pathologies - neoplasms, or choose particular algorithms for medical images processing.

Key words: manual processing, recognition system, tomographic and X-ray images, finding and localization of pathologies, diagnostician.

Постановка проблеми. При використанні комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії (КТ та МРТ відповідно), найважливішою із задач, що постає перед лікарями, є визначення точних меж пухлин та інших аномальних утворень у тканинах організму людини [1]. Результатом обстеження при КТ і МРТ є серія знімків, що відповідають обраним площинам сканування. На основі отриманих знімків лікар візуально визначає наявність аномальних утворень та їх межі. Проблема полягає у тому, що наявність пухлин досить просто визначити візуально у силу їх характерних структурних особливостей, у той час як визначення точних меж між здоровими та ураженими тканинами є дуже складною задачею, яку практично неможливо вирішити без виконання додаткових замірів та розрахунків [1]. Складність цієї задачі є наслідком того, що здорові та уражені тканини на знімках КТ та МРТ можуть виглядати практично однаково, у сенсі, наприклад, кольору відповідних областей, що, у свою чергу, унеможливує використання методів візуального аналізу зображення для виявлення меж між вказаними областями [1, 2]. Тому виникає необхідність у побудові системи розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час аналізу конкретного медичного зображення виникає необхідність вибору алгоритму, найбільш підходящого для його сегментації [1, 3, 4]. Фактично таке завдання стоїть, перед розробниками програмних засобів для МРТ-обладнання, а не перед лікарями-клініцистами, які використовують методи променевої діагностики. При виборі алгоритму доводиться враховувати як властивості конкретного медичного зображення, так і особливості певного алгоритму сегментації [1, 5]. У роботі [9] розроблено програмне забезпечення для вирішення основних завдань інформаційної підсистеми: завдань передачі інформації між підсистемами дослідження і діагностики внутрішньочерепних новоутворень, а також реєстрація пацієнта, перегляд і редагування його даних.

У той же час практично повністю відсутня автоматизована обробка розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій. Тому, даний напрям дослідження, на сьогодні, є актуальним.

Мета статті. У даній статті необхідно розробити систему розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій та розглянути принципи ручної обробки медичних зображень лікарем-діагностом.

Основні результати дослідження. Для пошуку і локалізації аномалій на томографічних і рентгенівських знімках пропонується система, яка буде складатися з наступних блоків (функціональна структура пропонованої системи приведена на рис. 1):

- блок введення інформації про пацієнта;
- блок обробки медичних зображень, що включає:
 - згорткову нейронну мережу (ЗНМ) для класифікації томографічних і рентгенівських знімків;
 - ЗНМ для визначення залежностей значень просторового фактора Wz від стандартизованих Z -значень і з наступним розрахунком коефіцієнту загальної просторової автокореляції;
 - ЗНМ для сегментації томографічних і рентгенівських знімків;
 - підсистему ручної обробки медичних зображень, що представлена лікарем-діагностом;
 - блок для встановлення висновку, що включає нейронну мережу (НМ), призначену для порівняння отриманих результатів;
 - блок для класифікації виявлених патологій, що включає НМ;
 - базу даних, як вже існуючих знімків, так і нових, у т.ч. з результатом оброблення;
 - блок підготовки звіту.

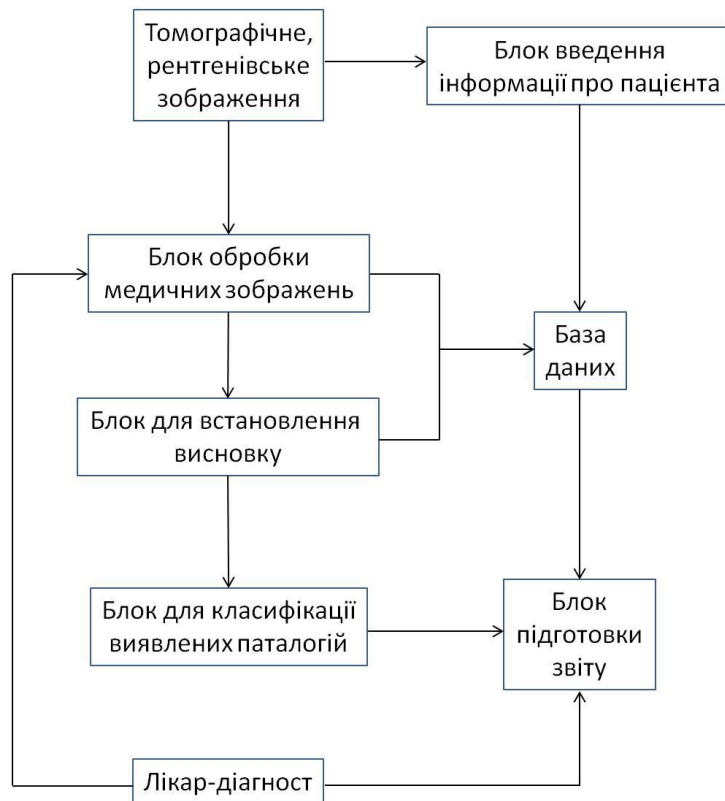


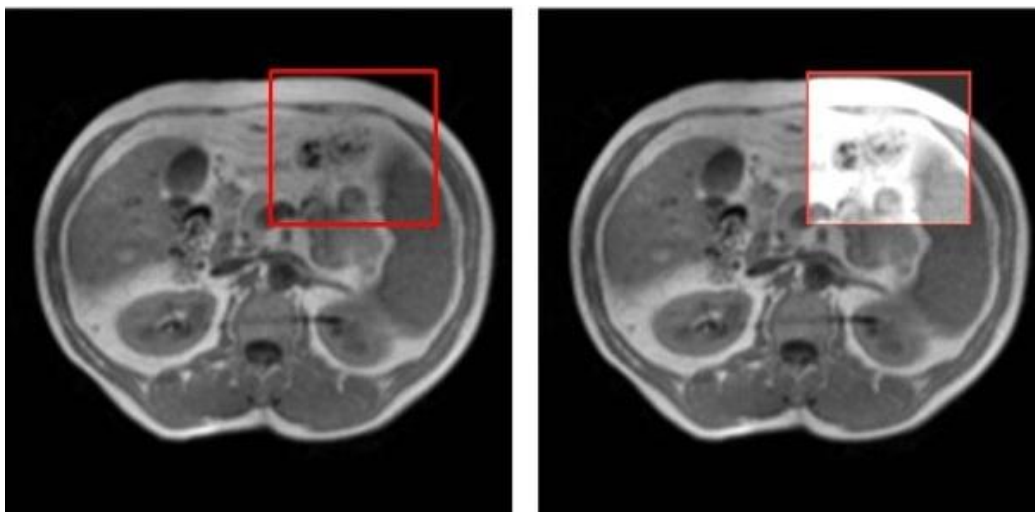
Рис. 1. Загальний вигляд функціональної структури пропонуємої системи розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій

У приведеній функціональній структурі пропонуємої системи (рис. 1) початковим етапом є отримання томографічних чи рентгенівських знімків, які, далі, поступають до блоків введення інформації про пацієнта і обробки медичних зображень. Інформація про пацієнта в результаті введення потрапляє до бази даних разом із томографічними чи рентгенівськими знімками.

Блок обробки медичних зображень пропонуємої системи включає 4 підсистеми, які охоплюють автоматичну обробку томографічних чи рентгенівських знімків, а також обробку в ручному режимі лікарем-діагностом. У даній статті розглянуто принципи ручної обробки медичних зображень лікарем-діагностом за допомогою ЗНМ.

У пропонуємій системі розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій існує можливість для лікаря-діагноста самому виділяти підозрілу з його точки зору область і надалі обробити тільки цю область або за допомогою існуючих ЗНМ виділити області патологій-новоутворень, або вибрати конкретні алгоритми обробки медичних зображень.

Приклад ручної обробки медичних зображень лікарем-діагностом наведено на рис. 3.



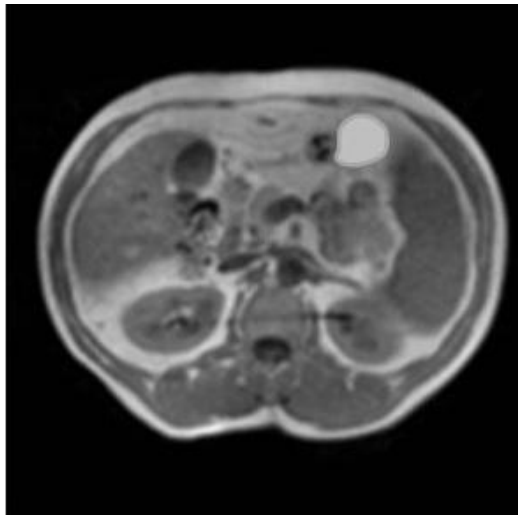


Рис. 3. Приклад ручної обробки медичних зображень лікарем-діагностом (приведено по порядку: вихідний МРТ знімок, виділення області патології, сегментація за допомогою ЗНМ)

Висновки та пропозиції. У статті запропоновано та побудовано систему розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій. Дана система включає блоки: введення інформації про пацієнта, обробки медичних зображень, для встановлення висновку, для класифікації виявлених патологій, базу даних, підготовки звіту. У запропонованій системі початковим етапом є отримання томографічних чи рентгенівських знімків, які, далі, поступають до блоків введення інформації про пацієнта і обробки медичних зображень. Інформація про пацієнта в результаті введення потрапляє до бази даних разом із томографічними чи рентгенівськими знімками. Блок обробки медичних зображень включає 4 підсистеми, які охоплюють автоматичну обробку томографічних чи рентгенівських знімків, а також обробку в ручному режимі лікарем-діагностом. У пропонуємі системі розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій існує можливість для лікаря-діагноста самому виділяти підозрілу з його точки зору область і надалі обробити тільки цю область або за допомогою існуючих ЗНМ виділити області патологій-новоутворень, або вибрати конкретні алгоритми обробки медичних зображень.

На основі розробленої системи розпізнавання томографічних і рентгенівських знімків для пошуку і локалізації патологій можна надати висновок про хворобу автоматично, або на основі суджень лікаря-діагноста.

Список використаних джерел:

1. Поляченко А.І. Можливості методів пошуку та локалізації аномалій у томографічних та рентгенівських знімках для підвищення точності встановлення діагнозу / А.І. Поляченко // Наукові нотатки. - 2018. - Вип. 64. - С. 159-165.
2. Поляченко А.І. Пошук контурів областей із певною патологічною структурою на МРТ знімках / А.І. Поляченко // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». - Луцьк, 2019. - Випуск № 34. - С. 96-106.
3. AnamM. An Efficient Brain Tumor Detection Algorithm Using Watershed & Thresholding Based Segmentation / M. Anam, J. Ah, F. Tehseen // Image, Graphics and Signal Processing. - 2012. - Vol. 10. -Pp. 34-39.
4. Logeswari T. An improved implementation of brain tumor detection using segmentation based on hierarchical self organizing map / T. Logeswari, M. Kaman // International Journal of Computer Theory and Engineering. - 2010. - Vol. 2, no. 4, pp. 1793-8201.
5. Marr D. Proceedings of the Royal Society of London / D. Marr, E. Hildreth // Series B, Biological Sciences. - Vol. 207, no. 1167. - Pp. 187-217.
6. Кирсанова А.В. Автоматизированная система диагностики новообразований головного мозга по магнитно-резонансным изображениям: Дис. канд. техн. наук: 05.11.17: Санкт-Петербург, 2004. – 148 с.

Стаття надійшла до редакції 28.08.2019

УДК: 620.171.5 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.19

О.В. Ратушний, Н.В. Семенова

Сумський державний університет

**МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ЗОЛОТНИКА
ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА**

У статті обґрунтовано важливість дослідження на міцність одного з основних елементів гідроприводу – розподільника, а точніше – його золотникового елемента. Це є актуальною задачею для вирішення проблеми удосконалення регулювальних характеристик дроселюючого розподільника на основі оптимізації течії робочої рідини в його каналах. Розроблена методика дослідження напруженого стану золотника поляризаційно-оптичним методом.

Ключові слова: гідророзподільник, міцність золотника, поляризаційно-оптичний метод

А.В. Ратушный, Н.В. Семенова**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗОЛОТНИКА
ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ**

В статье обоснована важность исследования на прочность одного из основных элементов гидропривода - распределителя, а точнее - его золотникового элемента. Это является актуальной задачей для решению проблемы совершенствования регулирующих характеристик дросельного распределителя на основе оптимизации течения рабочей жидкости в его каналах. Разработана методика исследования напряженного состояния золотника поляризационно-оптическим методом.

Ключевые слова: гидрораспределитель, прочность золотника, поляризационно-оптический метод

A. Ratushnyi, N. Semenova**METHOD OF STUDYING THE STRESS STATE OF THE PISTON VALVE**

The article substantiates the importance of testing the strength of one of the main elements of a hydraulic actuator - a piston valve. This is an urgent task to solve the problem of improving the regulating characteristics of the directional control valve based on the optimization of the flow of the working fluid in its channels. A technique for studying the stress state of the piston valve by the polarization-optical method is developed.

Keywords: directional control valve, strength of piston valve, polarization-optical method

Вступ. Гідравлічні розподільники, які є основною частиною гідроприводу, широко використовуються в різних галузях техніки для зміни напрямку потоку робочої рідини в двох або більше гідравлічних лініях залежно від зовнішнього керуючого впливу. Вони керують пуском, зупинкою та напрямком потоку робочої рідини шляхом повного відкриття чи закриття робочого прохідного отвору. [1]

Основною перевагою гідроприводів є можливість отримання великих зусиль та потужностей при обмежених розмірах силових виконавчих двигунів, що полегшує компонування гідроприводів в механізмах. Завдяки малій інерційності рухомих частин гідроприводи мають високу швидкодію – час їх розгону та гальмування не перевищують звичайно декількох сотих секунди. Гідроприводи за умови плавності руху забезпечують широкий діапазон безступінчастого регулювання швидкості виконавчих двигунів, надійно захищають систему від перевантаження. Важливою перевагою гідроприводів є можливість роботи в динамічних режимах при частих вмиканнях, зупинках, реверсах руху чи змінах швидкості.

Постановка проблеми. Звернемо увагу на те, що вищезазначені режими роботи призводять до виникнення знакозмінних напруг у керувальному органі – золотнику. Займаючись питанням удосконалення регулювальних характеристик розподільника, необхідно приділити увагу дослідженню його міцності при відмінних від розрахункових режимах роботи.

Перед фахівцями у галузі гідроприводів таким чином постає актуальна проблема дослідження напруженого стану золотника гідророзподільника при моделюванні тих чи інших змінних навантажень на нього. В якості шляху вирішення цієї проблеми можна запропонувати поляризаційно-оптичний метод дослідження напруги, який є простим та наглядним, а також добре зарекомендував себе при дослідженні різноманітних елементів та конструкцій на міцність [2].

Мета та задачі дослідження. Виходячи із вищезазначеної проблематики, мету дослідження можна сформулювати наступним чином: розробка методики дослідження напруженого стану моделі золотника поляризаційно-оптичним методом.

Для досягнення даної мети запропоновано наступні задачі дослідження:

– оцінити можливості проведення досліджень поляризаційно-оптичним методом у СумДУ;

- розробити просторовий ескіз моделі золотника та обрати матеріал для виготовлення дослідницького зразка;
- визначити етапи дослідження моделі золотника розподільника поляризаційно-оптичним методом.

Викладення основного матеріалу. Загальна характеристика поляризаційно-оптичного методу. В основі поляризаційно-оптичного методу (методу фотопружності) дослідження напружень лежить явище тимчасового подвійного променезаломлення, яке виникає в результаті поляризації діелектриків [3], викликаній зовнішніми впливами. Поляризаційно-оптичний метод дослідження напруги використовується для визначення напружень у задачах теорії пружності, пластичності, лінійної і нелінійної в'язкопружності та інших завданнях нелінійного і непружного деформування, в тому числі, і прикінцевих деформаціях. З точки зору вимірювання характеристик напружено-деформованого стану поляризаційно-оптичний метод дослідження напруги є одним з найбільш інформативних і точних експериментальних методів. Цінність методу фото пружності полягає також у тому, що він дозволяє моделювати у прозорих зразках напружені стани, що виникають в реальних елементах, виготовлених з оптично неактивних і взагалі непрозорих матеріалів, наприклад, металів [4,5]. Всі випробовувані у ході роботи зразки виготовлені з одного і того ж матеріалу (епоксидної смоли) і являють собою плоскі деталі різної форми.

Обладнання для дослідження та матеріал моделей. Дослідження проходження світла через навантажену пластину проводять у полярископі. В якості експериментальної бази планується використання полярископу БПУ (ІМАШ-2) дослідницької лабораторії кафедри секції опору матеріалів та машинознавства кафедри Загальної механіки та динаміки машин СумДУ [6]. На малюнку 1 наведена оптична схема полярископа БПУ (ІМАШ-2), який призначений для спостереження, замальовки і фотографування поля ізоклін і картини смуг або ізохром досліджуваної моделі. Полярископ БПУ конструктивно складається з трьох частин: поляризаторної, аналізаторної і навантажувального пристрою.

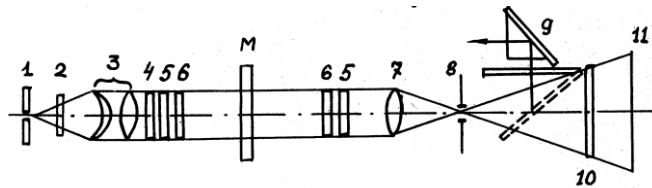


Рис. 1 Оптична схема полярископа БПУ (ІМАШ-2)

Поляризаторна частина включає в себе джерело світла 1, в якості якого використовується ртутно-кварцова лампа ДРШ-250, Теплофільтр 2, двохлінзовий конденсор 3, що створює паралельний пучок світла, світлофільтр 4 (довжина хвилі $\lambda = 546$ нм), поляроїд – поляризатор 5, який може повертатися в межах 1000 в оправі, забезпеченою лімбаом для відліку кута повороту, чвертьхвильової пластинки 6, змонтованої у відкидній оправі, яка також має лімб.

Аналізаторна частина включає чвертьхвильову пластинку 6 і поляроїд – аналізатор 5 в поворотних оправі з лімбаом (чвертьхвильові пластинки можуть відкидатися з оптичної осі), об'єктив 7, діафрагму з фотографічним затвором 8, перископічних пристрій 9 з відкидним дзеркалом, матове скло 10 (при фотографуванні воно замінюється касетою з фотоплівкою або фотоплівкою) і відкидний прозорий екран 11. Робоче поле полярископа становить 130 мм, збільшення зображення 1:5.

Навантажувальний пристосування складається з підйомного столу і навантажувальної рами, в якій розміщується досліджувана модель М. Підйомний стіл може переміщатися в горизонтальному і вертикальному напрямках у межах 300 мм, а рама забезпечує навантаження моделі через систему важеля зусиллям до 10 кН в співвідношенні 1:10.

Для виготовлення моделей використовуються оптично чутливі матеріали на основі епоксидних смол, наприклад, матеріал ЕД-6М. При кімнатній температурі він має наступні характеристики: модуль Юнга $E = 3,5 \cdot 10^3$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,36$, межа міцності при розтягуванні 60 МПа, межа пропорційності 50 МПа, ціна смуги $\sigma_0^{(1,0)} = 1,1$ МПа·см / смуги.

В якості досліджуваного зразка обрано золотник розподільника з гідравлічним центруванням (рис 2) для якого виконано плоску модель із оптично чутливого матеріалу (рис 3). З

урахуванням аналізу силової взаємодії потоку рідини і елементів керування у реально працюючому розподільнику [7] представлено систему зовнішніх силових факторів (рис 4). За такою схемою модель буде навантажена під час дослідження її напруженого стану поляризаційно-оптичним методом.

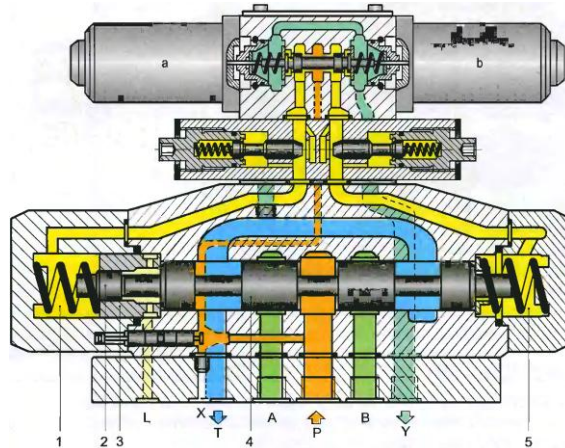


Рис. 2 Гідророзподільник з гідравлічним центруванням

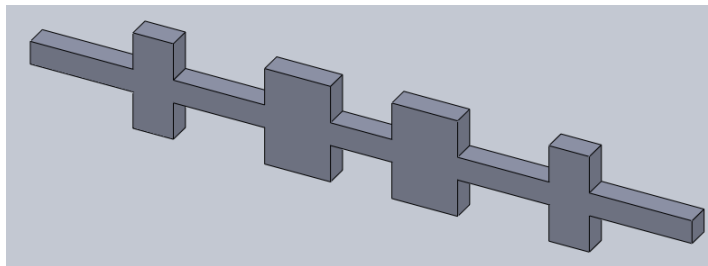


Рис. 3 Загальний вид досліджуваної моделі золотника

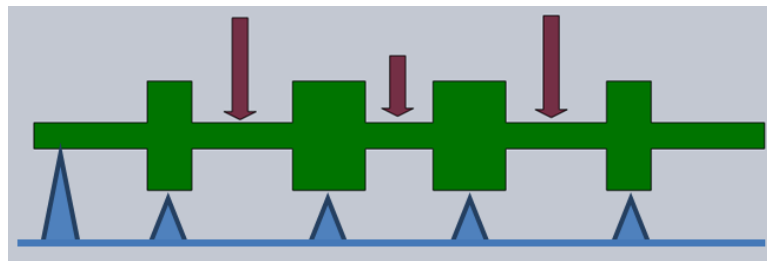


Рис. 4 Система зовнішніх силових факторів, прикладена до моделі золотника

Аналіз розповсюдження світла в полярископах. Загальна схема кругового полярископа з досліджуваної плоскою моделлю наведена на рис.5. Так, в круговому полярископі додатково використовуються дві чвертьхвильові пластинки, що мають наперед задані властивості оптичної анізотропії. Основне призначення цих пластинок – утворення двох хвиль з різницею ходу у чверть довжини хвилі, звідки й походить їхня назва.

Нехай промінь вертикально поляризованого монохроматичного світла, описується виразом $A_1 = a \sin \omega t$. Перша чверть хвильова пластинка встановлюється так, що її головні осі розташовані під кутом $\pi/4$ до площини пропускання поляризатора. Потрапляючи в цю пластинку, промінь світла розкладається на дві складові:

$$A_2 = a \sin \omega t \cdot \cos \pi/4 = \frac{a}{\sqrt{2}} \sin \omega t, \quad A_3 = a \sin \omega t \cdot \sin \pi/4 = \frac{a}{\sqrt{2}} \sin \omega t.$$

Після проходження першої чвертьхвильової пластинки промені світла описуються виразами:

$$A_4 = \frac{a}{\sqrt{2}} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = \frac{a}{\sqrt{2}} \cos \omega t, \quad A_5 = \frac{a}{\sqrt{2}} \sin \omega t.$$

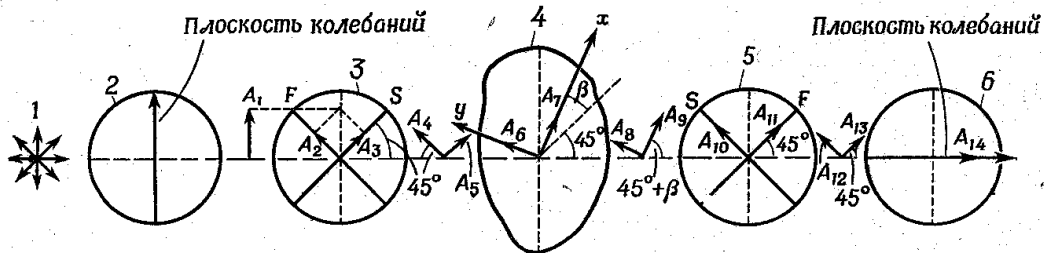


Рис. 5 Коловий полярископ

1 – джерело світла, 2 – поляризатор, 3 і 5 – перша і друга чвертьхвильові пластинки (F і S – головні осі), 4 – навантажена пластинка (σ_1 і σ_2 – головні осі), 6 – аналізатор.

Ці рівняння є параметричними рівняннями кола, звідки і назва – коловий полярископ. Промені, що потрапляють в модель, розкладаються на складові:

$$A_6 = A_4 \cos \beta - A_5 \sin \beta = \frac{a}{\sqrt{2}} (\cos \beta \cos \omega t - \sin \beta \sin \omega t) = \frac{a}{\sqrt{2}} \cos(\omega t + \beta),$$

$$A_7 = A_4 \sin \beta + A_5 \cos \beta = \frac{a}{\sqrt{2}} (\sin \beta \cos \omega t + \cos \beta \sin \omega t) = \frac{a}{\sqrt{2}} \sin(\omega t + \beta).$$

При проходженні через навантажену пластинку дві складові набувають додаткову різницю фаз, так що на виході з пластинки отримаємо:

$$A_8 = \frac{a}{\sqrt{2}} \cos(\omega t + \beta - \Delta), \quad A_9 = \frac{a}{\sqrt{2}} \sin(\omega t + \beta).$$

Друга чверть хвильова пластинка орієнтована так, щоб її вісі F та S були перпендикулярні відповідним вісям першої пластинки. Складові світлового променя уздовж головних осей другої пластинки мають вигляд:

$$A_{10} = A_8 \cos \beta + A_9 \sin \beta = \frac{a}{\sqrt{2}} (\cos \beta \cos(\omega t + \beta - \Delta) + \sin \beta \sin(\omega t + \beta)),$$

$$A_{11} = -A_8 \sin \beta + A_9 \cos \beta = -\frac{a}{\sqrt{2}} (\sin \beta \cos(\omega t + \beta - \Delta) - \cos \beta \sin(\omega t + \beta)).$$

Промені виходять з другої чвертьхвильової пластинки з додатковою кутовою різницею фаз $\pi/2$ і записуються у вигляді:

$$A_{12} = \frac{a}{\sqrt{2}} \cos \beta \cos(\omega t + \beta - \Delta) + \frac{a}{\sqrt{2}} \sin \beta \sin(\omega t + \beta),$$

$$A_{13} = \frac{a}{\sqrt{2}} \sin \beta \sin(\omega t + \beta - \Delta) + \frac{a}{\sqrt{2}} \cos \beta \cos(\omega t + \beta).$$

Якщо площина пропускання аналізатора перпендикулярна площині пропускання поляризатора, то світло, що виходить з аналізатора описується співвідношенням:

$$A_{14} = \frac{1}{\sqrt{2}} (A_{12} - A_{13}) = a \sin \frac{\Delta}{2} \sin \left(\omega t + 2\beta - \frac{\Delta}{2} \right).$$

$$\text{Його інтенсивність дорівнює } J = 2a^2 \sin^2 \frac{\Delta}{2}.$$

Таким чином, у коловому полярископі є єдина умова згасання світла $\Delta = 2\pi m$, $m = 0, \pm 1, \dots$. Воно дає картину смуг або ізохром в залежності від застосовуваного джерела світла: при білому світлі видно ізохром, а при монохроматичному – смуги. Величину m називають порядком смуги, вона встановлюється підрахунком кількості затемнень, які пройшли через досліджувану точку під час поступового навантаження моделі, або по загальній картині смуг на екрані або на фотографії. Смуги нумерують від особливої точки (або лінії) – точки (або смуги) нульового порядку. Розглянемо докладніше питання про знаходження таких точок.

$$\text{Умова згасання світла: } \Delta = \frac{\omega}{c} (\sqrt{k_1} - \sqrt{k_2}) h = \frac{\omega(k_1 - k_2)}{c(\sqrt{k_1} + \sqrt{k_2})} h \approx \frac{\omega(k_1 - k_2)}{2c\sqrt{k_0}} h = \frac{\omega C(\sigma_1 - \sigma_2)}{2c\sqrt{k_0}} h. \text{ В силу}$$

малості ефекту оптичної анізотропії використаємо наближену рівність $\sqrt{k_1} + \sqrt{k_2} \approx \sqrt{k_0}$.

Таким чином, умова згасання:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{4\pi c \sqrt{k_0}}{\omega C} \frac{m}{h} \quad (1)$$

Введемо позначення $\sigma_0^{(1,0)} \equiv \frac{4\pi c \sqrt{k_0}}{\omega C} = \frac{2\lambda \sqrt{k_0}}{C}$. Ця величина називається ціною смуги матеріалу. Вона, вочевидь, залишається незмінною для всіх моделей, зроблених з одного і того ж матеріалу, тому що константи k_0 і C для них однакові. Тарувальний дослід, з якого знаходиться ціна смуги матеріалу, буде описаний нижче. Використовуючи введену величину $\sigma_0^{(1,0)}$, умова (1) запишемо у вигляді

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_0^{(1,0)} \frac{m}{h}.$$

Це співвідношення отримало назву основного закону методу фотопружності. Виходячи із нього, якщо в якійсь точці навантаженої моделі $\sigma_1 = \sigma_2$, то в цій точці умова згасання виконується, і при цьому $m = 0$. На картині ізохром в місцях, відповідних $m = 0$, видно чорні точки або смуги. На картині ізоклін, в точках їх перетину $\sigma_1 = \sigma_2$, значить, точки нульового порядку можна визначити і по картині ізоклін. Від цих точок відраховується порядок інших смуг.

Визначення компонент тензора напружень в плоскій моделі. Описаний вище метод вимірювання тиску дозволяє визначити напрями головних осей тензора напружень і різниця його головних компонент. Для відшукування кожної з головних компонент окремо потрібне додаткове дослідження.

Відомо досить велика кількість методів поділу напружень. Ці методи можна умовно розбити на дві групи:

- 1) методи, що вимагають постановки додаткових експериментів;
- 2) методи, що використовують диференціальні рівняння теорії пружності.

До першої групи належать похиле просвічування, вимір поперечних деформації, метод електроаналогії інші.

Спосіб похилого просвічування полягає у просвічуванні моделі під деяким кутом до її поверхні. Якщо в деякій точці моделі виміряти відносну різницю ходу при просвічуванні її по нормалі до поверхні і під деяким кутом до нормалі, то цього буде достатньо для визначення компонент тензора напружень в даній точці.

Вимірювання поперечної деформації e_3 моделі дозволяють за допомогою закону Гука знайти суму головних напружень $\sigma_1 + \sigma_2$, оскільки в разі плоского напруженого стану має місце співвідношення

$$e_3 = -\frac{\nu}{E} (\sigma_1 + \sigma_2),$$

де E – модуль Юнга, ν – коефіцієнт Пуассона.

Для вимірювання деформації, застосовуються інтерферометричні методи. При інтерферометричній вимірах різниця між порядками інтерференційних смуг до навантаження і при навантаженні характеризує зміну товщини моделі. Слід зазначити, що за допомогою картин інтерференційних смуг можна визначити величини деформації по всій досліджуваній області.

Методом електроаналогії отримують величини деформації, задаючи на контурі листа токопровідного паперу, вирізаного за кресленням моделі, різниці потенціалів, відповідні величинам деформації на контурі моделі. Методи аналогії взагалі базується на формальному збігу рівнянь, що описують різні фізичні явища, в даному випадку, розподіл електричного потенціалу і суми головних напружень в плоскій моделі.

З другої групи методів поділу напружень найбільш відомий метод різниці дотичних напружень, пов'язаний з чисельним інтеграцією рівнянь рівноваги плоскої задачі в різних системах координат.

У прямокутній системі координат X, Y рівняння рівноваги плоскої задачі (при відсутності об'ємних сил) мають вигляд

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

Інтегруючи перше рівняння з системи (2) уздовж основного перетину – прямий, що збігається з віссю X (рис. 6), отримаємо

$$(\sigma_x)_n = \sigma_{x,0} - \int_0^n \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} dx,$$

де $\sigma_{x,0}$ – напруга в початковій точці інтегрування.

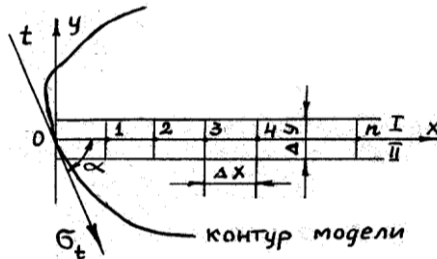


Рис. 6 Визначення величини дотичних напружень

Використовуємо спосіб чисельного інтегрування з двома додатковими перетинами I та II. Проведемо дві допоміжні прямі, паралельні OX. Наближене значення $\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}$ в будь-якій точці прямої можна отримати, склавши вираз

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} \approx \frac{(\tau_{xy})_I - (\tau_{xy})_{II}}{\Delta y} = \frac{\Delta \tau_{xy}}{\Delta y},$$

де Δy – відстань між додатковими перетинами по вертикалі. Напруги τ_{xy} з індексами I і II обчислюються на прямих I і II на одній вертикалі. У даному випадку перше рівняння (2) замінимо кінцево-різницевою рівнянням, вирішуючи яке відносно сіткових значень $(\sigma_x)_n$, отримаємо

$$(\sigma_x)_n = \sigma_{x,0} - \sum_0^n \frac{\Delta \tau_{xy}}{\Delta y} \Delta x.$$

Тут Δy – постійна, а величина Δx обирається довільно, залежно від необхідної точності обчислень. Величини дотичних напружень τ_{xy} в точках прямої OX і на допоміжних прямих (рис. 6) обчислюються наступним чином [8]:

$$\tau_{xy} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha.$$

При цьому використовуються дані, одержувані поляризаційно-оптичним методом. Напруга в початковій точці інтегрування $\sigma_{x,0}$ зазвичай береться на вільному контурі моделі, де

$$\sigma_{x,0} = \sigma_t \cos^2 \alpha.$$

У даному випадку α – кут, утворений віссю X і дотичній тдо контуру, σ_t – головне напруга, що діє на ділянці, нормаль до якої збігається з дотичною до контуру (нормальна напруга на вільному контурі дорівнює нулю). Остання формула легко виводиться з співвідношень між компонентами тензора напружень в системі координат X, Y і в головних осях [8]

$$\sigma_x = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\alpha,$$

$$\sigma_y = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\alpha,$$

$$\tau_{xy} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha$$

Дійсно, вважаючи в першому з них $\sigma_2 = 0$, отримаємо шуканий вираз для граничного значення напруги σ_x . Компонента тензора напруги σ_y визначаються по знайденим значенням σ_x з виразу

$$\sigma_x - \sigma_y = (\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\alpha$$

За допомогою методу різниці дотичних напружень можна знайти розподіл напружень уздовж будь-якої прямої, паралельної одній з осей координат, а при збільшенні числа перетинів – у всій області, що досліджується.

Порядок виконання дослідження. Грунтуючись на даних про поляризаційно-оптичний метод можна сформулювати наступний порядок проведення дослідження:

1. Для визначення ціни смуги матеріалу $\sigma_0^{(1,0)}$ проводиться тарувальне дослідження на диску, що стискається по діаметру.
2. У навантаженому зразку спостерігаються картини ізохром і смуг, ізокліни різних параметрів. По зображенню картини смуг визначаємо порядок смуги в довільній точці.
3. Методом різниці дотичних напружень проводиться визначення компонент тензора напружень в необхідних перетинах моделі.

Висновки. Висновки виконаного дослідження можна сформулювати наступним чином.

У СумДУ на базі кафедри Загальної механіки і динаміки машин є всі можливості для проведення досліджень поляризаційно-оптичним методом із використанням полярископу БПУ (ІМАШ-2).

Просторовий ескіз моделі виробляється у вигляді пластини, що відображає фронтальну проекцію золотника розподільника з гідравлічним centruванням. Модель виконується із оптично чутливого матеріалу ЕД-6М.

Визначені наступні етапи дослідження напруженого моделі золотника розподільника:

- виконання тарировочного дослідження;
- дослідження зразка і спостереження картини ізохром і ізоклін;
- визначення компонентів тензру напружень у потрібному перерізі моделі.

Список використаних джерел:

1. Наземцев, А. С. Гидравлические и пневматические системы. Часть 1. Пневматические приводы и средства автоматизации: Учебное пособие – Москва: ФОРУМ. – 2004.
2. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений в конструкциях/ под ред. Н. И. Пригоровского – Москва: Наука. – 1977.
3. Тареев, Б. М. Физика диэлектрических материалов/ Б. М. Тареев. – Москва: Энергия. – 1973.
4. Александров А. Я. Поляризационно-оптические методы механики деформируемого тела / А. Я. Александров, М. Х. Ахметзянов. – Москва: Наука – 1973.
5. Виноградова, М. Б. Теория волн. / М. Б. Виноградова, О. В. Руденко, А. П. Сухоруков. – Москва: Наука. – 1979.
6. Писаренко, Г. С. Несущие и светопрозрачные элементы конструкций из стекла / Г. С. Писаренко, К. К. Амелянович, И. Б. Каринцев ; Под ред. Г.С. Писаренко. – Киев : Наук.думка, – 1987.
7. Лозовский, В. Н. Надежность и долговечность золотниковых и плунжерных пар / В. Н. Лозовский. – Москва : Машиностроение – 1971.
8. Писаренко, Г. С. Сопrotивление материалов / Г. С. Писаренко, Б. М. Ружицкий. – Киев :Вицашк. – 1984.

Рецензент:

Ковальов І.О. к.т.н, професор, завідувач кафедри Прикладної гідроаеромеханіки СумДУ

Стаття надійшла до редакції 15.09.2019

УДК 629.3: 340.6 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.20

М.В. Склярів, С.С. Лукашенко, О.В. Корнєв*Національна академія Національної гвардії України***ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОТЕХНІЧНИХ ЕКСПЕРТИЗ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД**

Забезпечення безаварійної експлуатації автомобільного транспорту стала однією з актуальних проблем суспільства. Ефективність роботи по зменшенню аварійності визначається їх повним і всебічним аналізом.

Знаючи причини дорожньо-транспортних пригод (ДТП) можна запропонувати засоби, спрямовані на їх усунення. Недостатність елементарних понять в області автотехнічної експертизи послаблюють ефективність профілактики ДТП.

В зв'язку з цим в роботі проведено теоретичний аналіз проблем вдосконалення автотехнічних експертиз.

Ключові слова: ДТП, експертиза, методи дослідження.

Н.В. Склярів, С.С. Лукашенко, А.В. Корнєв*Национальная академия Национальной гвардии Украины***ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ АВТОТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ**

Обеспечение безаварийной эксплуатации автомобильного транспорта стала одной из актуальных проблем общества. Эффективность работы по уменьшению аварийности определяется их полным и всесторонним анализом.

Зная причины дорожно-транспортных происшествий (ДТП) можно предложить средства, направленные на их устранение. Недостаточность элементарных понятий в области автотехнической экспертизы ослабляют эффективность профилактики ДТП.

В связи с этим в работе проведен теоретический анализ проблем совершенствования автотехнических экспертиз.

Ключевые слова: ДТП, экспертиза, методы исследования.

N.V. Sklyarov, S.S. Lukashenko, A.V. Kornev*National Academy of the National Guard of Ukraine***PROPOSALS FOR IMPROVEMENT OF AUTOENGINEERING EXAMINATION OF ROAD ACCESSORIES**

Ensuring the safe operation of road transport has become one of the urgent problems of society. The effectiveness of work to reduce accidents is determined by their complete and comprehensive analysis.

Knowing the causes of road accidents (RTA), you can offer means to eliminate them. The lack of elementary concepts in the field of automotive expertise weakens the effectiveness of road accident prevention.

In this regard, the work conducted a theoretical analysis of the problems of improving auto-technical expertise.

The investigation of cases of road accidents in the majority associated with certain difficulties. This is due to the specifics of the events themselves, and not always the qualitative approach to their investigations. The main attention should be paid to the specifics of such an important investigative action, as an inspection of the scene. Various ways and methods of fixing trace information, establishing the circumstances of the incident on the trail. Mandatory documentation with the help of judicial photographs, which should be widely, used in the investigation of accidents.

The classification of the main types of road accidents in the text will allow the investigator and expert to characterize them competently.

Key words: RTA, examination, research methods.

Постановка проблеми. В Україні в 2016 році в порівнянні з 2015 роком збільшилася кількість дорожньо-транспортних пригод. Згідно зі статистикою аварійності за 12 місяців 2016 року, яку оприлюднило Управління безпеки дорожнього руху Національної поліції України, всього за минулий рік в країні відбулося 154 556 аварій, що на 11,6% більше, ніж в минулому році.

Тобто в середньому за добу по всій країні траплялося по 11 аварій, в яких гинуло 9 осіб і отримувало травми 88. Всього в 2016 році в ДТП загинули 3187 чоловік.

Також в 2016 році в Україні відбулося на 28% менше, ніж у 2015 році аварій за участю дітей - 4345. У ДТП в 2016 році загинуло 172 дитини, а 3823 - отримали травми. Найбільше ДТП з тяжкими наслідками сталася у Львівській - 31 аварія, і Дніпропетровської області - 26 аварій.

Найбільш поширеною причиною скоєння ДТП в 2016 році, як і в 2015-му, було перевищення безпечної швидкості. З цієї причини сталося 4667 ДТП, в яких загинула 821 людина і 6228 отримали травми. Другий найбільш поширеною причиною скоєння ДТП було порушення правил маневрування - 2524 аварій, і керування транспортним засобом в нетверезому стані - 1892 ДТП. Серед найпоширеніших видів аварій в минулому році - зіткнення, їх відбулося майже на 11% більше, ніж в 2015 році - 10003. У таких аваріях загинули 933 людини. У той же час

найсмертоноснішими залишаються ДТП в результаті наїзду на пішохода. З 8605 випадків - 1163 закінчилися смертю людини, і в результаті наїзду на перешкоду - загинуло 478 чоловік. Згідно зі статистикою Нацполіції, найбільше дорожніх аварій з вини пішоходів в минулому році відбулося в Дніпропетровській області - 320. У них загинуло 34 людини і 301 отримали травми. На другому місці за цим критерієм Івано-Франківська область - 89 аварій і 22 загиблих. Дніпропетровська область також займає першу позицію за кількістю ДТП, що сталися з вини дітей, - 71 аварія, в яких загинули 13 дітей і травмувалися 389. Всього в минулому році з вини дітей сталося 398 аварій. Найменш обачно їздять водії теж в Дніпропетровській області. Там за перевищення безпечної швидкості руху за рік були покарані 607 водіїв, це на 25,5% більше, ніж в минулому 2015 року в цій же області. Слідом йде Львівська область - 390 покарань і Одеська - 332. Всього за перевищення безпечної швидкості руху в Україні були оштрафовані 4666 водіїв. Сумне лідерство Дніпропетровська область тримає і в порушенні правил перевезення пасажирів - 20 випадків. На другому місці - Черкаська область - 4 порушення. Також в Дніпропетровській області в минулому році з усіх областей найчастіше порушували правила переїзду пішохідних переходів - 226 пригод, в яких загинули 23 людини, травмовано - 226. На другому місці за цим видом порушення знаходиться Київ - 97 пригод. Також в Дніпропетровській області водії частіше за інших в Україні здійснювали ДТП через виїзд на зустрічну смугу руху - 105 аварій і через неправильне переїзд перехрестя, що призвело до 239 аварій. Для порівняння - в Одеській області зафіксовано 152 аварії на перехресті, а в Києві - 129. З вини водіїв автобусів в цілому в минулому році в Україні сталося 358 ДТП, в яких загинуло 37 осіб, 729 отримали травми. В рази більше, ніж в інших регіонах подібних аварій сталося все в тій же Дніпропетровській області - 106, це на 26 аварій більше, ніж в цій області в 2015 році. Для порівняння: на другому місці за кількістю таких ДТП Запорізька область - 29. А ось за кількістю аварій, що сталися через незадовільний стан доріг, лідирує Рівненська область - 41 ДТП, там же - і найбільша кількість загиблих з цієї причини - 11 осіб. Найбільша ж кількість затриманих за керування транспортним засобом в нетверезому стані в Одеській області - 133 випадки, і в Дніпропетровській - 118 випадків. Найменше п'яниць за кермом затримано в Кіровоградській - 18 і в Чернівецькій областях - 17. Також Одеська область займає першість за кількістю аварій, які відбувалися через несправність технічних засобів - 499 ДТП. У Донецькій області за цим же причин зафіксовано 145 аварій, а в Києві - 61. Найбільш аварійними дорогами державного значення в минулому році в Україні були: Київ - Чоп (М-06) - 611 аварій, в яких загинули 168 осіб і 761 травмовано і Київ - Одеса (М-05) - 264 ДТП, що призвели до загибелі 108 осіб і травмування 344. Також дуже аварійної можна назвати трасу Київ - Харків - Довжанський (М-03) - 235 ДТП, в яких загинули 56 осіб і 608 травмовані.

Україна увійшла в десятку країн Європи з найбільшою смертністю в ДТП.

За даними поліції визначено наступний перелік причин аварій на українських дорогах:

- перевищення швидкості - 35%;
- порушення правил маневрування - 21%;
- порушення правил проїзду перехресть - 8%;
- порушення правил проїзду пішохідних переходів - 7%;
- недотримання дистанції - 7%;
- інші - 22%.

Головні причини ДТП - перевищення швидкості та порушення правил маневрування.

Існуюча тенденція зростання дорожньо-транспортних пригод (ДТП) зберігається зважаючи на об'єктивні і суб'єктивні причини.

Розслідуванням ДТП займаються правоохоронні і судові інстанції, що базуються на результатах профільних експертиз.

Технічні аспекти ДТП відносяться до автотехнічної експертизи вивчає і аналізує обставини ДТП, виявляючи механізм події та його стадії, а також встановлення ознак і обставин ДТП.

Огляд попередніх досліджень і публікацій. Автотехнічні експертизи виконуються на основі фізичних законів з урахуванням існуючих методик дослідження ДТП.

Питання досліджень ДТП відображені в роботах Іларіонова, Байетта, Уоттса, Суворова [1, 2, 3]. Однак в існуючих публікаціях практично відсутні дослідження, що враховують сучасний рівень оснащення автотранспортних засобів (АТС) системами автоматизації управління рухом.

Також часто наведені методики дозволяють досліджувати процес ДТП в разі екстреного гальмування з повним використанням сил зчеплення з дорогою, що недостатньо повно відображає реальну картину процесів гальмування.

Для водіїв-аматорів корисно знати ключові моменти при огляді місця пригоди, свої права і обов'язки при огляді місця пригоди, свої права і обов'язки при розгляді обставин ДТП, можливості автотехнічної експертизи та ін. [4].

Окремо слід розглядати ДТП з наїздом на пішохода [5]. Спроможність запобігання ДТП або зменшення тяжкості його наслідків базується на глибокому і всебічному вивченні та відпрацюванню механізму ДТП з моменту виникнення небезпеки до наїзду. При цьому досліджуються взаємне розташування транспортних засобів і пішохода в різні проміжки часу періоду розвитку подій, послідовність та причини отримання пошкоджень автомобіля та травмування людей, послідовність дій учасників дорожнього руху та ін.

Розслідування справ про дорожньо-транспортні події в більшості пов'язані з певними труднощами. Це обумовлено як специфікою самих подій, так і не завжди якісним підходом до їх розслідування [6].

Головну увагу приділено особливостям такої найважливішої слідчої дії, як огляд місця події. Описано [6] способи і методи фіксування слідової інформації, встановлення обставин події за слідами. На конкретних прикладах показано значення судової фотографії, яка повинна широко використовуватися в розслідуванні ДТП. Наведені в тексті [6] класифікації основних видів дорожньо-транспортних пригод дозволять слідчому і експерту грамотно їх охарактеризувати.

При призначенні автотехнічних експертиз нерідкі суперечки з приводу визначення моменту виникнення небезпеки для водія в тій чи іншій ситуації.

Проведення комплексних судово-медичних і автотехнічних експертиз дозволяє вирішувати питання, що є «прикордонними» для компетенції експертів.

Як показує практика, в процесі огляду місця дорожньо-транспортної пригоди не завжди вживаються заходи до своєчасної та точної фіксації слідової інформації, встановлення факту контактної взаємодії транспортного засобу і перешкоди, вилучення речових доказів. Причиною цього часто є невідповідність слідчого (або фахівця, до допомоги якого вдається слідчий) до виконання відповідних дій [7].

В [7] на підставі кримінально-процесуального законодавства та інших нормативних актів, а також досвіду їх застосування в слідчій та експертній практиці розглядаються питання призначення і виробництва судової автотехнічної експертизи.

Таким чином, як пропонують Шабадей А.М., Шевцов С.А., Дубонос К.В. [7], метою є надання методичної допомоги органам дізнання, слідства, слідчим, експертам-автотехнікам і суддям при:

- виконанні огляду місця дорожньо-транспортної пригоди;
- отриманні вихідних даних для призначення автотехнічної експертизи;
- призначенні і виконанні автотехнічної експертизи як на досудовому слідстві, так і в суді;
- оцінці і використанні автотехнічної експертизи в суді.

Особливості проведення судової автотехнічної експертизи в Білорусії приведено в [8].

В системі заходів, спрямованих на підвищення безпеки руху, велике значення мають заходи кримінально-правового характеру - швидке і кваліфіковане розслідування ДТП, справедливе покарання винних у їх скоєнні осіб.

ДТП відбуваються в результаті порушення нормального функціонування системи «водій - транспортний засіб - дорога - середовище руху». Встановлення стану елементів даної системи і зв'язків між ними, порушення яких послужило причиною ДТП або сприяло його виникненню, вимагає використання спеціальних знань в науці і техніці.

Найбільш об'єктивну доказову інформацію про ДТП можна отримати в результаті огляду місця події, транспортних засобів (ТЗ), проведення слідчих експериментів і різних видів експертиз.

Для ефективного використання спеціальних знань при розслідуванні ДТП необхідно знати практичні можливості різних видів експертиз, вміти правильно поставити завдання експертам, володіти прийомами і способами виявлення, фіксації і вилучення слідів на місці ДТП, методиками проведення слідчих експериментів для отримання вихідних даних, необхідних для виробництва експертних досліджень.

Всебічно розглянуто причини і наслідки автомобільної аварійності в Україні [9].

Об'єктивною причиною збільшення кількості ДТП є зростання чисельності парку легкових автомобілів, який в розвинених країнах перевищив позначку 500 транспортних засобів на 1000 жителів. В Україні на 1000 жителів припадає близько 120 легкових автомобілів. За оцінками

зарубіжних фахівців, зростання автомобільного парку в країнах, що розвиваються буде інтенсивно збільшуватися, поки не досягне 500 автомобілів на 1000 жителів.

Для розслідування постійно зростаючої кількості ДТП потрібні добре підготовлені експерти, які повинні вміти проводити огляд місця події і огляд технічного стану транспортних засобів, відновлювати і досліджувати механізм ДТП, аналізувати технічну можливість його запобігання.

Літератури з експертизи дорожньо-транспортних пригод багато і в основному в ній описуються ДТП за участю автомобілів, що мають застарілу конструкцію гальмівної системи яка допускає блокування коліс при гальмуванні і появі слідів юза на дорожньому покритті. В роботі [10] розглядаються різні варіанти дослідження ДТП в залежності від конструкції гальмівної системи автомобіля.

Найбільш детально розглянуто проблеми автомобільних ДТП та автотехнічних експертиз в роботі [11].

Основні причини особливо тяжких ДТП полягають в наступному [11]:

- перевищення швидкості автомобільних транспортних засобів;
- виїзд на смугу зустрічного руху;
- порушення правил обгону і ін.

Вивчення причин таких порушень показало, що учасники дорожнього руху, свідомо порушують правила дорожнього руху, користуючись недосконалістю системи аналізу та розслідування причин ДТП, знаючи, що їх провину важко довести.

Оскільки основним фактором попередження ДТП часто є процес гальмування, розробка методів оцінки гальмівних властивостей пов'язана, перш за все, із забезпеченням безпеки дорожнього руху з метою визначення найбільш ефективних напрямків боротьби з аварійністю. Особливу увагу в проблемі оцінки гальмівних властивостей привертає те, що в теорії автомобіля, яка є теоретичною основою для відновлення механізму події, детально вивчено лише випадок екстреного гальмування з повним використанням сил зчеплення. Крім того, збільшення суб'єктивізму при розслідуванні подій сприяє неточність вихідних даних, які часто носять якісний характер.

З огляду на велику відповідальність, яка покладається на експерта-автотехніка при розслідуванні ДТП, і важливість прийняття ним об'єктивного рішення про технічні причини і умови, які супроводжували виникнення ДТП, актуальним є створення методики оцінки експлуатаційних гальмових властивостей автомобіля в дорожніх умовах, яка б дозволила теоретично відтворити траєкторію руху призупиненого автомобіля навіть при наявності неточних вихідних даних.

Також відомо [11], що приблизно 50% ДТП відбуваються в темний час доби, коли інтенсивність руху знижується в 3-10 разів. При цьому головними чинниками зниження безпеки руху в нічний час є різке погіршення видимості і засліплення водіїв фарами зустрічних автомобілів. Одним з основних параметрів який визначає ефективність світлових приладів автомобіля, є дальність видимості об'єктів на дорозі в темний час доби. Саме цей параметр визначається при розслідуванні механізму ДТП, а порівняння його значення з відстанню на якій знаходився автомобіль, від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху, дає висновок про технічну можливість водія уникнути ДТП.

Крім того, одним з основних завдань автотехнічної експертизи є визначення початкової швидкості транспортного засобу до ДТП. В даний час перспективним напрямком досліджень в цьому напрямку є розробка методик [11], заснованих на ретельному аналізі деформованих в результаті ДТП елементів конструкції ушкодженого автомобіля і відновлення картини енергообміну при ударі, що дозволяє визначити швидкість транспортного засобу до зіткнення.

Крім цього існуюче обладнання та методики використання слідової інформації допускають високу ступінь похибки результатів.

У зв'язку з викладеним виникає необхідність удосконалення розслідувань ДТП і розробка сучасної методології експертно-аналітичного аналізу ДТП.

Метою статті є оснащення експерта-автотехніка необхідними сучасними засобами дослідження ДТП.

Виклад основного матеріалу. У процесі дослідження ДТП виникають проблеми, пов'язані з взаємним впливом навколишнього середовища і її впливів на об'єкт дослідження.

Тому необхідно визначити такі напрями вдосконалення методів виконання експертиз:

- уточнення класифікації видів ДТП і слідової інформації;
- аналіз особливостей механізму ДТП з урахуванням дорожніх умов і транспортного засобу;

- фізичне моделювання варіантів ДТП по слідові даними з урахуванням особливостей сучасних конструкцій АТС;
- вибір математичного опису та алгоритми розвитку ДТП;
- теоретичні дослідження процесів розвитку ДТП;
- пропозиції до створення програмного забезпечення з експертного вивчення відбулися ДТП;
- технічні і нормативні пропозиції щодо попередження причин ДТП і зниження тяжкості їх наслідків.

При аналізі досліджуваного ДТП експерт насамперед визначає модель фактичної ситуації. Після цього моделюється безпечна ситуація і визначаються невідповідності моделей, що дозволяють встановити причини ДТП.

В процесі моделювання експерту необхідно отримати відповіді по завданням, сформульованим на схемі рис. 1.



Рис. 1. Завдання які вирішуються при аналізі ДТП

У процесі прогнозування і визначення параметрів ситуації ДТП основним джерелом є слідові інформація структурно представлена на рис. 2.

У методиці аналізу деформованих елементів конструкції ушкодженого автомобіля основною проблемою є визначення енергообміну при ударі або зіткненні або наїзді. Проблемним в даному випадку є недостатність інформації про конструкцію і особливості її технологічності.

Крім цього до проблем аналізу ДТП слід віднести: необхідність обліку великого числа причинно-наслідкових зв'язків; відсутність даних про вплив сучасних електронних систем управління рухом автомобіля; відсутність аналітичних залежностей між факторами впливу (причинами) і відповідним наслідком у разі різноманітності чинників кількісних і якісних.

Кількісні величини часто представляють в лінгвістичній формі відповідно до теорії нечітких множин, запропонованої Л. Заде.

Крім цього при обробці результатів експертного дослідження використовуються:

- ймовірнісно-статистичний підхід;
- регресійний аналіз;
- логічне програмування, засноване на апараті логіки предикатів;
- метод фазового інтервалу.

Співвідношення проблем і методів обробки результатів дослідження ДТП (таблиця 1).

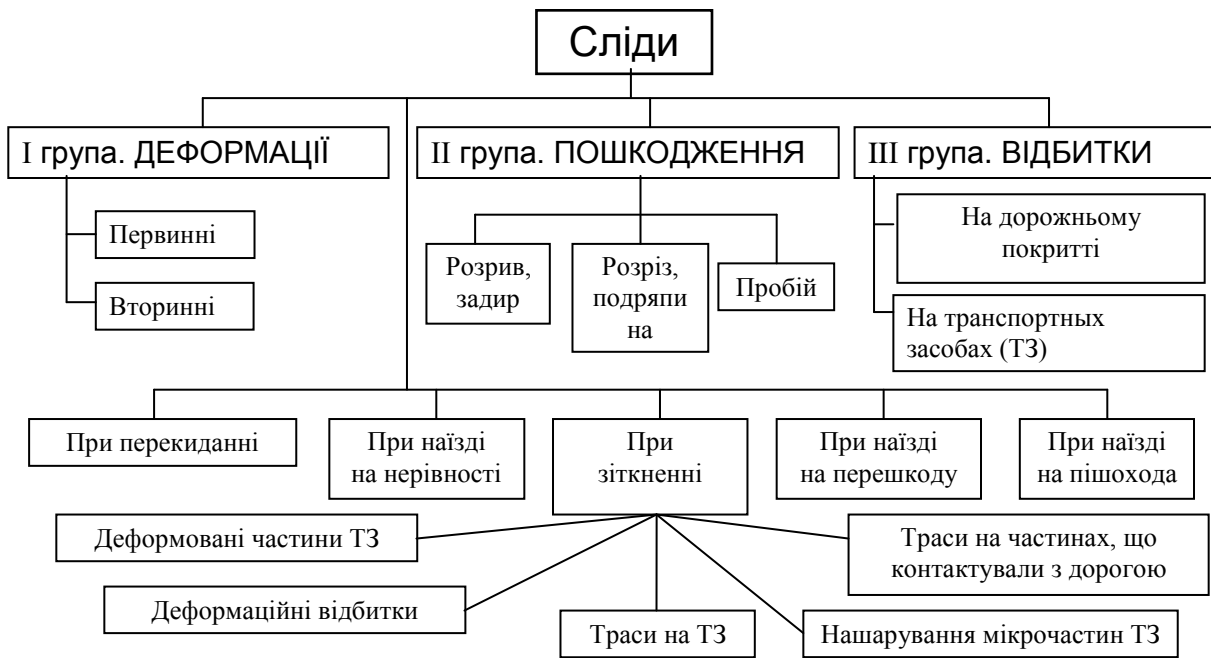


Рис. 2. Структурна схема слідової інформації на місці ДТП

Таблиця 1.

Співвідношення проблем і методів дослідження ДТП

Проблеми:	Методи			
	А	Б	В	Г
- збору і обробки статистичної інформації;	+	+	-	-
- поповнення бази знань;	+	+	-	-
- забезпечення стійкості моделі до факторів впливу;	+	+	-	-
- врахування якісних параметрів;	+	+	+	+
- роботи з нечіткими знаннями;	+	+	+	+

А - ймовірно-статистичний підхід; Б - регресійний аналіз; В - метод фазового інтервалу; Г - логічне програмування; + (-) - наявність (відсутність) труднощів.

Висновки. Для поліпшення умов роботи експерта-автотехніка і підвищення достовірності та об'єктивності результатів дослідження ДТП необхідно:

- вдосконалення існуючих методів дослідження;
- розробка і програмне забезпечення типових моделей стадій розвитку ДТП;
- вивчення і облік впливу на ДТП сучасних засобів активної безпеки.

Список використаних джерел:

1. Иларионов В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для ВУЗов. – М.: Транспорт, 1989. – 255с.
2. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. – М.: Экзамен, 2003. – 208с.
3. Байэтт Р., Уоттс Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий: Пер. с англ. – М.: Транспорт, 1983.–288 с.
4. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод. / Під ред. Галаси П.В. – Київ: Експерт-Сервіс, 1995. – 192 с.; іл.
5. Решетніков Є.Б. Експертне дослідження наїзду на пішохода. Учебний посібник. – Харків: видавництво ХДАДТУ, 1999. – 89 с.; іл.
6. Расследование обстоятельств дорожно-транспортных происшествий. Методические рекомендации / С.А. Шевцов, К.В. Дубонос. – Харьков: Факт, 2002. – 171 с.; ил.
7. Дорожно-транспортные происшествия. Особенности расследования. / Шабадей А.М., Шевцов С.А., Дубонос К.В. – Х.: Факт, 2003. – 127 с.; ил.
8. Использование специальных познаний в расследовании дорожно-транспортных происшествий. / Под ред. Кривицкого А.М. и Шапорова Ю.И. – Мн.: Харвест, 2004. – 128 с.; ил.
9. Говорушенко Н.Я., Волков В.П., Шаша И.К. Обеспечение безопасности движения на автомобильном транспорте. – Харьков: ХНАДУ, 2007. – 361 с.; ил.
10. Туренко А.Н., Клименко В.И., Сараев А.В. Автотехническая экспертиза. Учебное пособие. – Харьков: ХНАДУ, 2007. – 156 с.; ил.
11. Волков В.П., Торлин В.Н., Мищенко В.М., Кашканов А.А., Кашканов В.А., Кужель В.П., Ксенофонтова В.А., Ветрогон А.А., Скляр Н.В. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях. – Харьков. ХНАДУ, 2010. – 476 с.; ил.

Рецензенти:

Сарасв Олексій Вікторович, декан автомобільного факультету Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, доктор технічних наук, професор ХНАДУ.

Ковтун Анатолій Васильович, доцент кафедри бойового та логістичного забезпечення Національної академії Національної гвардії України, кандидат технічних наук, доцент.

Стаття надійшла до редакції 04.06.2019

УДК 629.78.048.3 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.21

Є.І. Трушляков, С.С. Булавка*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Машинобудівний навчально-науковий інститут, кафедра Кондиціонування і рефрижерації***ОСУШКА ПОВІТРЯ В ПЕРЕДСТАРТОВИХ СИСТЕМАХ ТЕРМОСТАТУВАННЯ ДО НЕОБХІДНОЇ ТОЧКИ РОСИ**

У роботі виконано розгляд, аналіз та можливості осушки повітря в передстартових системах термостатування до необхідної точки роси. У випадку незначного підвищення тиску, з'являється можливість ефективно використовувати фреонові холодильні машини для осушення повітря до точки роси нижче 0°C, замість традиційних фізико-хімічних осушувачів або осушувачів повітря високого тиску в стартових системах термостатування космічних ракетних комплексів.

Ключові слова: осушка повітря, передстартові системи термостатування, точка роси.

Е.И. Трушляков, С.С. Булавка*Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Институт машиностроения, кафедра Кондиционирование и рефрижерации***ОСУШКА ВОЗДУХА В ПРЕДСТАРТОВЫХ СИСТЕМАХ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ ДО НЕОБХОДИМОЙ ТОЧКИ РОСЫ**

В работе выполнено рассмотрение, анализ и возможности осушки воздуха в предстартовых системах термостатирования до необходимой точки росы. В случае незначительного повышения давления, появляется возможность эффективно использовать фреоновые холодильные машины для осушения воздуха до точки росы ниже 0°C, вместо традиционных физико-химических осушителей или осушителей воздуха высокого давления в стартовых системах термостатирования космических ракетных комплексов.

Ключевые слова: осушка воздуха, предстартовые системы термостатирования, точка росы.

Y.I. Trushliakov, S.S. Bulavka*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mechanical Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Air Conditioning and Refrigeration***AIR DRYING IN PRE-START THERMOSTATING SYSTEMS TO THE REQUIRED DEW POINT**

It is currently important for the Ukrainian space industry to ensure the competitiveness of rocket and space complexes using launch vehicles in the global space services market. Launch vehicles are considered as potential carriers for the creation and implementation of satellite systems in accordance with national programs of Ukraine and other countries.

An analysis of the design features of the existing spacecraft compartments shows that these systems were designed to work with pressure-tight spacecrafts when only the temperature and humidity is monitored in the compartment. In the work are performed consideration, analysis and possibilities of air drying in pre-start thermostating systems to the required dew point. In the case of a slight increase in pressure, it becomes possible to efficiently use Freon refrigerating machines to dehumidify air to a dew point below 0°C, instead of traditional physic-chemical dehydrators or high-pressure air drying in the starting systems for the thermostating of space rocket systems.

Key words: air drying, pre-start thermostating systems, dew point

Постановка проблеми. У даний час для космічної галузі України актуальним є забезпечення конкурентоспроможності космічних ракетних комплексів (КРК) з використанням ракет-носіїв (РН) на світовому ринку космічних послуг. РН розглядаються як потенційні носії для створення і виконання супутникових систем відповідно до національних програм України та інших держав [1].

Однією з найважливіших завдань є забезпечення збереженості і працездатності космічного апарату (КА) на всіх етапах його виведення в космос: при транспортуванні з монтажньо-випробувального комплексу до стартового майданчика, при підготовці до старту і під час польоту РН на активній ділянці траєкторії. Складовою частиною цієї проблеми є створення комфортних температурних умов для КА. У всіх випадках збереження КА забезпечується огорожею від впливу на нього теплових і газодинамічних навантажень за допомогою головного обтічника відсіку КА. Крім того в наземних умовах температурний режим у відсіку КА підтримується за допомогою системи термостатування (СТС), що здійснює примусову вентиляцію в відсіку [2, 3].

Досвід комерційного використання РН [2-5] показав, що в зв'язку з вимогою створення більш комфортних умов для сучасних КА виникали завдання по доопрацюванням і модернізації штатних СТС. Все більш активне використання РН в рамках комерційних проектів, їх

модернізація в частині збільшення розмірів відсіку КА, створення нових РН обумовлюють актуальність нового підходу до проблем модернізації та розробки систем термостатування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз конструктивних особливостей існуючих відсіків КА показує, що ці системи розроблялися для роботи з герметичними апаратами, коли в відсіку здійснюється тільки контроль температурно-вологісного режиму. Термостатне повітря у відсіку КА подається через щілинні газоводи, що формують інтенсивні пристінні струмені, швидкість яких на виході з щілинних колекторів досягає 12...16 м/с. Основна маса повітря рухається в пристінних струменях повз КА, потім розгортається в місці зіткнення струменів і рухається уздовж корпусу головного обтічника до вихідних отворів на його конічній частині [4, 5]. Поблизу поверхонь КА створюються значні застійні області, в яких практично відсутня швидкість руху повітря. У цих умовах коефіцієнти конвективної тепловіддачі з поверхні КА мають значення на рівні природної конвекції ($3...5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\text{K}^{-1}$), і завдання стабілізації температури КА здійснюється за рахунок збільшення подачі термостатного повітря в відсік і тепло знімання пристінними струменями [6, 7]. У той же час поверхні вузлів КА, що знаходяться в зоні пристінних струменів, можуть піддаватися значному газодинамічному впливу термостатного повітря ($V > 3-4 \text{ м/с}$).

Працездатність сучасних негерметичних КА, що виготовляються з матеріалів з невисокими механічними характеристиками, в значній мірі буде залежати від інтенсивності впливу на нього навколишнього середовища в відсіку [2-5]. Тому в відсіку повинні забезпечуватися комфортні умови для КА: низький рівень теплового і газодинамічного впливу на КА за рахунок зниження в 1,5...2 рази тепловотоку на КА в порівнянні з існуючими нормами при одночасному обмеженні швидкості термостатного повітря поблизу поверхні КА до 1,5...2 м/с; повинні виконуватися підвищені вимоги до чистоти простору відсіку (наприклад, на рівні федерального стандарту США FedStd 209E [6]).

При польоті РН на активній ділянці траєкторії через вихідні люки СТС здійснюється скидання надлишкового тиску повітря з відсіку КА в навколишній простір (дренування). При зміні кута атаки або зміні швидкісного режиму при числах Маха $M \approx 1$ можлива різка зміна надлишкового тиску на поверхні відділення КА. При відсутності лічильників води на вихідних люках СТС можливо втікання повітря з навколишнього середовища в відсік КА [2-4]. Перед відділенням КА від РН до моменту скидання головного обтічника за рахунок дренивання повітря повинне бути забезпечене вирівнювання тиску в відсіку з тиском навколишнього простору. В іншому випадку надмірна різниця тисків призведе до впливу істотних газодинамічних навантажень на КА в момент скидання обтічника.

На основі аналізу конструктивних особливостей систем термостатування КА [5, 7, 8] повинні бути сформульовані нові вимоги до характеристик даної системи. Раніше вимоги до СТС визначали технічні умови на параметри термостатного повітря – межі зміни температури і вологості повітря, об'ємна витрата повітря, надлишковий тиск у відсіку КА в режимі наземного термостатування і в момент скидання головного обтічника [2-5]. Нові, сучасні вимоги до СТС, складаються в додатковому нормуванні наступних характеристик роботи СТС:

- рівень середніх коефіцієнтів теплообміну при охолодженні КА загальною системою термостатування;
- рівень середніх швидкостей руху термостатного повітря поблизу поверхонь КА;
- чистота простору відсіку КА на рівні міжнародних стандартів;
- рівень середніх коефіцієнтів теплообміну і швидкості повітря для пристроїв локального обдування теплонапружених вузлів КА.

Додаткові вимоги до СТС можуть бути задоволені наступними конструктивними удосконаленнями існуючих СТС [5, 7-9]:

- встановленням додаткових підвідних патрубків, що дозволить при необхідності збільшити кратність повітрообміну в відсіку КА;
- установкою лічильників води на вихідних люках СТС і мембранних фільтрів на перегородках між відсіком КА і приладовим відсіком (ПО);
- установкою автономних пристроїв локального обдування теплонапружених елементів КА;
- установкою ґрат, перфорованих екранів, панелей, що забезпечують більш рівномірний обдув КА.

Важливою умовою запуску РН є забезпечення температурно-вологісного режиму в її відсіках при проведенні передстартової підготовки перед пуском.

СТС під час проектування вимагає рішень багатьох завдань, спрямованих на забезпечення необхідних значень чистоти, тиску, температури, витрати і температури точки роси.

Найскладнішим процесом при реалізації СТС є осушення повітря до необхідного значення точки роси (-30°C ; -10°C). Тому при проектуванні СТС основним є вибір способу осушення та способу охолодження повітря.

При цьому повітря виступає робочим тілом, а сам потік повітря здатний знижувати або підвищувати температуру в підоб'єктивних просторах або в «сухих» відсіках РН.

Виходить, що для термостатування потоку повітря характерні чистота, тиск, температура, витрата і температура точки роси.

Формулювання цілей статті. У роботі необхідно виконати розгляд, аналіз та можливості осушки повітря в передстартових системах термостатування до необхідної точки роси.

Виклад основного матеріалу. Для осушення повітря можуть бути використані такі основні способи [7-10]:

- фізико-хімічні осушувачі;
- хемосорбційні осушувачі;
- осушення повітря конденсацією.

Для осушення повітря шляхом фізико-хімічного поглинання вологи в якості поглиначів застосовуються водні розчини солей і тверді поглиначі. Основним недоліком фізико-хімічних осушувачів є істотне зниження їх працездатності при температурах, що перевищують 30°C . Їх використання в системах обробки повітря доцільно тільки при низькій потрібній температурі точки роси (нижче -10°C), коли відділення вологи конденсацією призводить до швидкого наростання сніжної шуби на теплообмінниках і збільшення потрібної холодопродуктивності.

Використання хемосорбційних осушувачів для вирішення завдань термостатування ускладнено через сильну залежність ступеня осушення від температури і відносної вологості повітря, а також внаслідок складної природи хімічних реакцій, що ускладнює розрахунки.

Осушення повітря можна здійснювати шляхом контакту повітря з охолоджуваною поверхнею, температура якої нижче точки роси. Для відділення утворюваних води або льоду з осушеного повітря в цьому випадку необхідно застосовувати додаткові сепаратори, інакше кінцевий вологовміст повітря може виявитися вище заданого. Процес осушення шляхом конденсації на холодній поверхні в енергетичному співвідношенні є найбільш вигідним для вирішення завдань осушення при температурах точки роси вище 0°C .

Як джерело холоду, необхідного для процесів охолодження і осушення повітря в системах термостатування, застосовують різні типи холодильних машин [9, 10]:

- абсорбційні холодильні машини;
- повітряні холодильні машини;
- осушення і охолодження повітря за допомогою вихрових труб;
- парокомпресійні холодильні машини.

Абсорбційні холодильні машини застосовують в тих випадках, коли в якості основного джерела енергії для отримання холоду доцільно використовувати тепло. Перспективним є застосування абсорбційних холодильних машин в системах централізованого холодопостачання з використанням тепла від ТЕЦ або котельень, які взимку забезпечують системи опалення будівель, а влітку можуть віддавати тепло на отримання холоду. Економічні показники застосування абсорбційних холодильних машин, перш за все, визначаються джерелом подачі тепла, яке використовується для вироблення холоду.

Значною перевагою турбохолодильних машин є їх мала вага і габарити, а також відсутність спеціального холодильного агента, що викликає необхідність застосування теплообмінних апаратів для здійснення процесів тепло- і масопереносу при обробці повітря, що конденсується. Але їх істотним недоліком є підвищена витрата енергії для отримання холоду в порівнянні з іншими типами холодильних машин.

В вихровій трубі реалізований ефект Ранка, що полягає в поділі високошвидкісного потоку на холодний і гарячий. Високі витрати на стиснення повітря, необхідність використання забезпечення більшої витрати повітря, а також складності в реалізації алгоритмів керування роблять використання вихрових труб недоцільним для вирішення завдань термостатування.

Робота парокомпресійної холодильної машини обумовлюється процесами зміни агрегатного стану холодильного агента, що циркулює по контуру машини. Сучасні парокомпресійні машини мають гарну енергетичною ефективністю із ступенем автоматизації, що робить перспективним їх застосування в стартових системах термостатування космічних ракетних комплексів.

Відповідно до [9-11], величина максимально допустимого вмісту вологи вологого повітря визначається як:

$$d_{\max} = 0,622 \frac{P_s}{P_B - P_s},$$

де P_s – тиск насичення водяної пари при поточній температурі вологого повітря;

P_B – тиск вологого повітря.

Відповідно до наведеної залежності, якщо підвищувати тиск повітря при постійній температурі (реалізація відбувається шляхом охолодження стисненого повітря до первісної температури), можна досягти його осушення.

У випадку високого тиску оброблюваного повітря достатньо низькі значення температури точки роси можна отримати на основі охолодження звичайним атмосферним повітрям. На рис. 1 приведемо залежність досяжної температури точки роси від абсолютного тиску осушувача повітря. Температура, до якої охолоджується осушувач повітря прийнята рівною 22°C, яку можна легко отримати, якщо використовувати для охолодження атмосферне повітря.

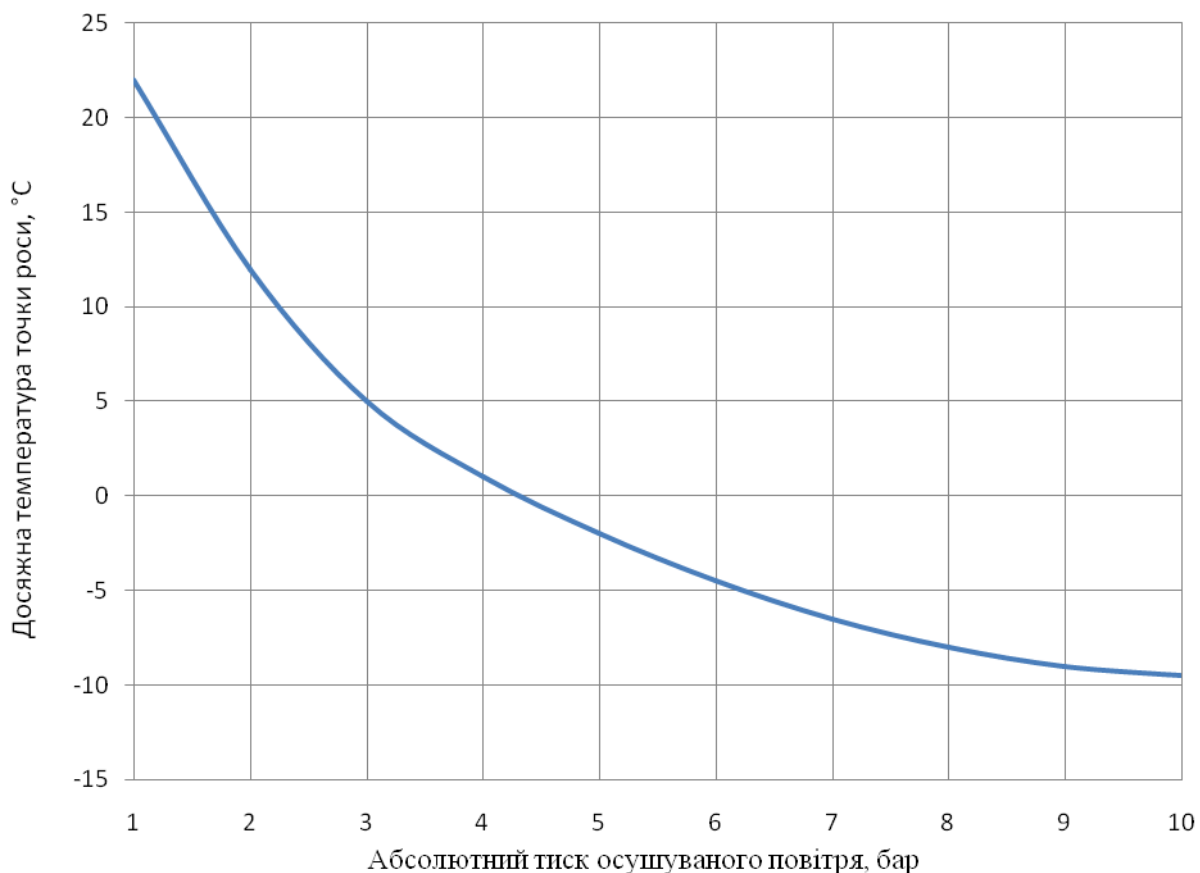


Рис. 1. Залежність досяжної температури точки роси від абсолютного тиску осушувача повітря

З рис. 1 можна бачити, що при тиску повітря, близькому до атмосферного, температура точки роси наближається до температури повітря, що виходить із теплообмінного апарату. Знижувати температуру повітря нижче точки замерзання вологи недоцільно, оскільки це призводить до необхідності періодичного відтаювання, суттєвого ускладнення конструкції і алгоритмів роботи системи термостатування.

На рис. 2 наведені результати експериментальних досліджень процесів осушення повітря для різних тисків, при паспортній ефективності вологовідділювача, рівній 95%, і їх порівняння з розрахунковою мінімальною досяжною температурою точки роси, яка буде мати місце при ефективності відділення вологи 100%.

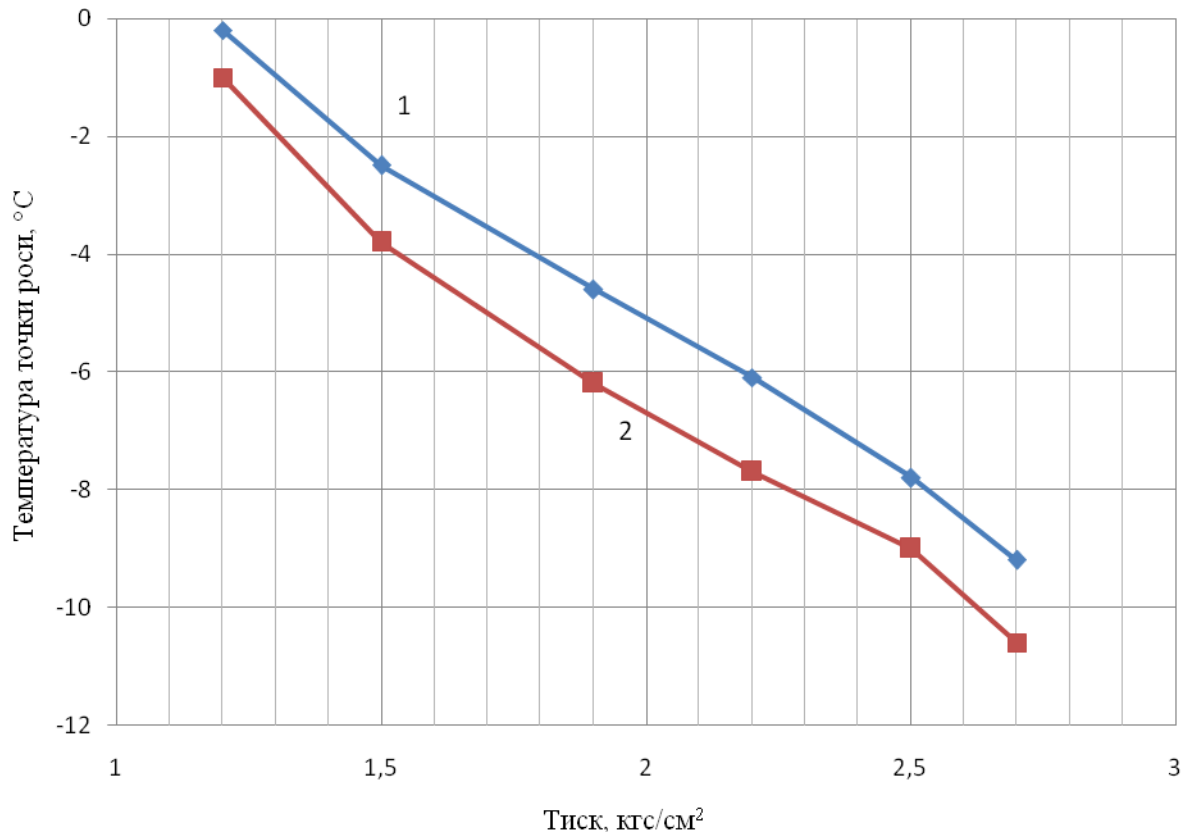


Рис. 2. Експериментальна залежність температури точки роси осушуваного повітря від абсолютного тиску при ефективності відділення вологи: 1 – 95%; 2 – 100 %

На підставі проведених розрахунків і даних експериментів встановлено, що доцільною є установка підпірного дроселя у зв'язку теплообмінник-сепаратор для зниження температури точки роси оброблюваного повітря, при цьому, не знижуючи температуру поверхні теплообміну нижче температури замерзання вологи.

У випадку незначного підвищення тиску, з'являється можливість ефективно використовувати фреонові холодильні машини для осушення повітря до точки роси нижче 0°C, замість традиційних фізико-хімічних осушувачів або осушувачів повітря високого тиску. При цьому, схемне рішення, повинно мати високий ступінь уніфікації, оскільки варіюючи ступенем закриття підпірного дроселя і потужністю нагрівача-довідника, можна легко керувати температурою і вологою повітря, пристосовуючи його параметри до конкретних завдань. Це дозволить ефективно використовувати системи на базі фреонових холодильних машин для термостатування різного корисного навантаження космічного ракетного комплексу.

Висновки. У роботі виконано розгляд, аналіз та можливості осушки повітря в передстартових системах термостатування до необхідної точки роси. У випадку незначного підвищення тиску, з'являється можливість ефективно використовувати фреонові холодильні машини для осушення повітря до точки роси нижче 0°C, замість традиційних фізико-хімічних осушувачів або осушувачів повітря високого тиску в стартових системах термостатування космічних ракетних комплексів.

Список використаних джерел:

1. Державне космічне агентство України. URL:<http://nkau.gov.ua/> (дата звернення: 17.03.2019).
2. Галинский В.П., Тимошенко В.И. Проблемы создания научно-методического обеспечения по аэродинамике ракет-носителей. Космічна наука і технологія. 1998. № 2/3. С. 64-72.
3. Дегтяренко В. И. Определение параметров воздуха в отсеке ракеты на активном участке полета. Техническая механика. 1999. № 1. С. 17-22.
4. Тимошенко В.И., Галинский В.П., Белоцерковец И.С. Проблемы математического моделирования процес сов аэрогазодинамики ракет-носителей. Вісник Дніпропетровського університету. Механіка. 1998. Вип. 1. С. 37-52.
5. Timoshenko V.T, Galinsky V.P., Belotserkovets I.S. Problems scientific-methodical aerodynamical of support of development of boostvehicles. Proc. ofthe 2nd AnkaraIntern. AerospaceConf., Ankara, Turkey, 9-11 Sept., 1998. P. 445-452.
6. Баранов Д.А., Еленев В.Д. Определение массово-энергетических соотношений для параметрического ряда модификаций ракеты-носителя. Вестн. СГАУ. 2011. №6. С. 54-63.
7. Основы проектирования летательных аппаратов (транспортне системы): учеб. пособие для студентов вузов / под ред. В.П. Мишина. М.: Машиностроение, 2005. 375 с.
8. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения космических аппаратов: учеб. пособие для вузов / под. ред. А.А. Медведева. Москва: Машиностроение, 2009. 504 с.
9. Воронин Г.И. Системы кондиционирования воздуха на летательных аппаратах. Москва: Машиностроение, 1973. 444 с.
10. Мааке В., Эккерт Ю. Польшманн : Учеб. по холодиль. технике : Основы - комплектующие - расчеты : Монтаж, эксплуатация и техн. Обслуживание холодиль. установок; Пер. с фр. под ред. В. Б. Сапожникова. Москва : Изд-во Моск. ун-та (МГУ), 1998. 1142 с.
11. Горбенко Г.А., Чайка Д.В., Иваненко Н.И. Стартовая система термостатирования космического ракетного комплекса на базе фреоновых холодильных машин. Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. №6. 2008. С. 173-177.

Стаття надійшла до редакції 20.08.2019

УДК 681.518 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.22

І.В. Худяков*Херсонська державна морська академія***МОДЕЛІ БАЗИ ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

В статті представлено особливості реалізації формування моделі бази даних інформаційної системи моніторингу параметрів тахографа і трекера у взаємодії з описом технічного стану транспортного засобу. Сформовано аналітичний опис семантики, який описує відносини між компонентами інформаційної системи. Визначено основні множини відносин (взаємозв'язків) між компонентами в межах інформаційної моделі предметної області транспортного засобу.

В результаті формування опису моделі бази даних інформаційної системи моніторингу параметрів тахографа і трекера у взаємодії з описом технічного стану транспортного засобу отримано інформаційні моделі, які забезпечують сталий однозначний зв'язок об'єктів системи з інформаційними елементами і з об'єктами автоматизації.

Ключові слова: інформаційна система, тахограф, трекер, моніторинг транспортного засобу.

И.В. Худяков**МОДЕЛИ БАЗЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

В статье представлены особенности реализации формирования модели базы данных информационной системы мониторинга параметров тахографа и трекера во взаимодействии с описанием технического состояния транспортного средства. Сформировано аналитическое описание семантики системы, которое описывает отношения между компонентами информационной системы. Определены основные множества отношений (взаимосвязей) между компонентами в пределах информационной модели предметной области транспортного средства.

В результате формирования описания модели базы данных информационной системы мониторинга параметров тахографа и трекера во взаимодействии с описанием технического состояния транспортного средства получены информационные модели, которые обеспечивают устойчивую однозначную связь объектов системы с информационными элементами и с объектами автоматизации.

Ключевые слова: информационная система, тахограф, трекер, мониторинг транспортного средства.

I. Khudiakov**MONITORING INFORMATION SYSTEM DATA BASE MODELS VEHICLE TECHNICAL
PARAMETERS**

The article presents the features of the implementation of the formation of the database model of the information system for monitoring the parameters of the tachograph and tracker in conjunction with the description of the technical condition of the vehicle. An analytical description of the semantics of the system is formed, which describes the relationship between the components of the information system. The main sets of relations (relationships) between the components within the information model of the subject area of the vehicle are determined.

In accordance with the task, namely the formation of the subject area of the system for monitoring the parameters of the technical condition of the vehicle with the installed tachograph and tracker, depending on the technical feasibility and mathematical support, the model should describe for the corresponding automation object all the necessary information elements (input and output data), namely, a complete set of information elements.

As a result of the formation of the description of the database model of the information system for monitoring the parameters of the tachograph and tracker in interaction with the description of the technical condition of the vehicle, information models are obtained that provide a stable unambiguous connection of system objects with information elements and with automation objects.

Keywords: information system, tachograph, tracker, vehicle monitoring.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток техніки та електроніки призвів до розвитку засобів моніторингу на транспорті – постійного контролю параметрів транспортних засобів, їх руху, навігації, тощо. Розрізняють моніторинг стану та моніторинг параметрів, принциповою відмінністю яких є наявність інтерпретатора вимірюваних параметрів у термінах стану – експертної системи підтримки ухвалення рішень про стан об'єкту та подальше керування ним. Впровадження моніторингу переводять організацію транспортних процесів на більш високий якісний рівень, що підвищує ефективність загального управління процесом керування транспортними засобами (ТЗ).

Існуючі системи моніторингу ТЗ не враховують вплив режимів праці та відпочинку водія (РПВВ) на транспортний процес і можливість оперативного контролю руху транспортного засобу[1-3]. Особливістю інформаційної системи моніторингу ТЗ оснащеною тахографом є те, що

вона розглядає особливості дистанційної перевірки РПВВ в сучасному ППК у процесі визначення параметрів технічного стану ТЗ.

В ХДМА, НТУ і ХНАДУ проводяться роботи щодо подальшого розвитку інформаційних програмних комплексів моніторингу транспорту для дослідження можливості дистанційного отримання інформації про параметри експлуатації транспортних засобів в умовах ІТС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематиці контролю параметрів технічного стану транспортних засобів присвячено роботи вітчизняних і зарубіжних авторів, а саме С.В. Камкіна, І.В. Возницького, Ю.Я. Фоміна, С.В. Семенова, В.Г. Івановського, Р.А. Варбанця, А.І. Голованя, В.А. Атрощенко, Р.О. Д'яченка, М.Я. Говорушенка, В.П. Волкова, І.В. Грицука, В.П. Матейчика М.Д. Махаммада, Д.А. Колесникова, Д.В. Тишковського, О.С. Безноса, В.А.Шарая, Д.С. Пелешенка, Д.П. Коновалова тощо.

Інформація, отримана засобами моніторингу забезпечує:

- підвищення надійності та безпеки використання транспортних засобів;
- швидке прийняття рішень у випадку виникнення непередбачуваних обставин;
- оперативне керування доставками та оцінювання ефективності виконання перевезень;
- обмін інформацією між учасниками перевезення про реальне просування товару.

Сучасні бортові системи моніторингу параметрів технічного стану в умовах інтелектуальних транспортних систем (ІТС) дозволяють здійснювати ідентифікацію ТЗ, безперервне автоматичне вимірювання параметрів, що характеризують стан ТЗ, діагностування, а саме контроль справності ТЗ і його складових елементів, розпізнавання і запобігання розвитку відмов у його роботі і в кінцевому рахунку – забезпечення функціонування системи технічного обслуговування і ремонту ТЗ за технічним станом [1-3]. Означені системи являють собою складний комплекс бортових і стаціонарних технічних і програмних засобів.

Постановка завдань. Метою статі є вирішення актуального питання формування опису моделі бази даних інформаційної системи моніторингу параметрів РПВВ в сучасному ППК у процесі визначення параметрів тахографа і трекера у взаємодії з описом технічного стану ТЗ, отримання інформаційних моделей, які б забезпечували сталий однозначний зв'язок об'єктів системи з інформаційними елементами і з об'єктами автоматизації.

Викладення основного матеріалу.

Опис загальної інформаційної моделі предметної області системи моніторингу параметрів тахографа і трекера у взаємодії з описом технічного стану ТЗ.

Модель предметної області $M_{заг}$ системи моніторингу параметрів технічного стану ТЗ разом з тахографом і трекером представлена у вигляді наступної множини компонентів і складових системи інформації, а саме технічних параметрів стану двигуна ТЗ, технічних параметрів стану безпосередньо ТЗ $M_{ТЗ}$, режимів роботи та відпочинку водія $M_{тг}$, стану ТЗ і причепа (додаткове обладнання), екологічних показників ТЗ $M_{тг}$ [3 - 7]. Формули представлені в загальному вигляді:

$$M_{заг} = M_{ТЗ} + M_{тг} + M_{тр}, \quad (1)$$

де $M_{ТЗ} = \langle O_{ТЗ}, V_{ТЗ\text{ вх}}, V_{ТЗ\text{ вих}}, F_{ТЗ}, H_{ТЗ}, P_{ТЗ}, R_{ТЗ} \rangle$, у відповідності до[3]

$$M_{тг} = \langle O_{тг}, V_{тг\text{ вх}}, V_{тг\text{ вих}}, F_{тг}, H_{тг}, P_{тг}, R_{тг} \rangle, \quad (2)$$

де $O_{тг} = \{o_{тгi} | m_{тг} = \overline{1, M_{тг}}\}$ – множина об'єктів автоматизації ТЗ, які можливо представити самостійними частинами для блоків збирання і передачі інформації: про ідентифікацію ТЗ, про стан ТЗ, про час роботи ТЗ, про швидкість ТЗ, про стан причепа (додаткове обладнання) ТЗ формування опису моделі бази даних інформаційної системи моніторингу параметрів тахографа в системі технічного стану ТЗ;

$V_{тг\text{ вх}} = \{v_{тгi} | i \in L_{тг\text{ вх}}\}$ – множина вхідних інформаційних елементів;

$V_{тг\text{ вих}} = \{v_{тгi} | i \in L_{тг\text{ вих}}\}$ – множина вихідних інформаційних елементів;

$V_{тг} = V_{тг\text{ вх}} \cup V_{тг\text{ вих}}$ – повна множина інформаційних елементів;

$F_{тг} = \{f_{тгi} | i_{тг} = \overline{1, I_{тг}}\}$ – множина функцій користування (функції автоматизації), що виконуються системою моніторингу параметрів тахографа в системі технічного стану ТЗ;

$H_{тг} = \{h_{тгj} | j_{тг} = \overline{1, J_{тг}}\}$ – множина завдань обробки даних системи моніторингу параметрів тахографа в системі технічного стану ТЗ;

$P_{tg} = \{p_{tgg} | k_{tg} = \overline{1, K_{tg}}\}$ – множина користувачів (кількість і склад персоналу), яка забезпечує роботу з системою моніторингу параметрів тахографа в системі технічного стану ТЗ;

$R_{tg} = \{r_{tgy} | y_{tg} = \overline{1, Y_{tg}}\}$ – множина відносин (взаємозв'язків) між компонентами M_{tg} предметної області (2) системи моніторингу параметрів тахографа в системі технічного стану ТЗ.

$$M_{tr} = \langle O_{tr}, V_{tr\ ex}, V_{tr\ вих}, F_{tr}, H_{tr}, P_{tr}, R_{tr} \rangle, \quad (3)$$

де $O_{tr} = \{o_{trm} | m_{tr} = \overline{1, M_{tr}}\}$ – множина об'єктів автоматизації ТЗ, які можливо представити самостійними частинами для блоків збирання і передачі інформації: про стан ТЗ і причепа (додаткове обладнання), про екологічні показники ТЗ формування опису моделі бази даних інформаційної системи моніторингу параметрів трекера в системі технічного стану ТЗ;

$V_{tr\ ex} = \{v_{tr\ ex} | \in L_{tr\ ex}\}$ – множина вхідних інформаційних елементів;

$V_{tr\ вих} = \{v_{tr\ вих} | \in L_{tr\ вих}\}$ – множина вихідних інформаційних елементів;

$V_{tr} = V_{tr\ ex} \cup V_{tr\ вих}$ – повна множина інформаційних елементів;

$F_{tr} = \{f_{tri} | i_{tr} = \overline{1, I_{tr}}\}$ – множина функцій користування (функції автоматизації), що виконуються системою моніторингу параметрів трекера в системі технічного стану ТЗ;

$H_{tr} = \{h_{trj} | j_{tr} = \overline{1, J_{tr}}\}$ – множина завдань обробки даних системи моніторингу параметрів трекера в системі технічного стану ТЗ;

$P_{tr} = \{p_{trk} | k_{tr} = \overline{1, K_{tr}}\}$ – множина користувачів (кількість і склад персоналу), яка забезпечує роботу з системою моніторингу параметрів трекера в системі технічного стану ТЗ;

$R_{tr} = \{r_{try} | y_{tr} = \overline{1, Y_{tr}}\}$ – множина відносин (взаємозв'язків) між компонентами M_{tr} предметної області (3) системи моніторингу параметрів трекера в системі технічного стану ТЗ.

При необхідності мати сумісні бази даних і об'єднувати інформаційні системи, в залежності від вимог конкретного варіанту завдання на створення предметної області, всі функції в частині користування, завдання обробки даних, об'єктів і автоматизації і інформаційні елементи можуть бути як зменшені так і збільшені за обсягом.

Опис предметної області системи моніторингу параметрів тахографа і трекера за складовими множинами

Розподіляємо на основні інформаційні об'єкти (множини компонентів) предметну область системи для формування інформаційної моделі в частині об'єктів автоматизації тахографу встановленого на ТЗ (табл. 1) та об'єктів автоматизації трекера встановленого на ТЗ (табл. 2).

Таблиця 1

Об'єкти автоматизації тахографу встановленого на транспортному засобі

№	Позначення	Найменування
1	$O_{tg2.1}$	Блок збирання і передачі інформації про ідентифікацію ТЗ
2	$O_{tg2.2}$	Блок збирання і передачі інформації про стан ТЗ
3	$O_{tg2.3}$	Блок збирання і передачі інформації про час роботи ТЗ
4	$O_{tg2.4}$	Блок збирання і передачі інформації про швидкість ТЗ
5	$O_{tg2.5}$	Блок збирання і передачі інформації про стан причепа (додаткове обладнання) ТЗ

Представляємо визначену множину об'єктів автоматизації для тахографу встановленого на ТЗ $O_{tg} = \{o_{tgm} | m_{tg} = \overline{1, M_{tg}}\}$ у наступному вигляді:

$$O_{tg} = \{o_{tgm} | m_{tg} = \overline{1, 5}\} \quad (4)$$

$$P_{tg}(O_{tg}) = 5 \quad (5)$$

Таблиця 2

Об'єкти автоматизації трекера встановленого на транспортному засобі

№	Позначення	Найменування
1	$O_{tr3.1}$	Блок збирання і передачі інформації про стан ТЗ і причепа (додаткове обладнання).
2	$O_{tr3.2}$	Блок збирання і передачі інформації про екологічні показники ТЗ

Представляємо визначену множину об'єктів автоматизації для трекера встановленого на ТЗ $O_{tr} = \{o_{trm} | m_{tr} = \overline{1, M_{tr}}\}$ у наступному вигляді:

$$O_{tr} = \{o_{trm} | m_{tr} = 1, 2\} \quad (6)$$

$$P_{tr}(O_{tr}) = 2 \quad (7)$$

У відповідності до поставленого завдання, а саме формування предметної області системи моніторингу параметрів тахографа і трекера в системі технічного стану ТЗ, в залежності від технічної спроможності і математичного забезпечення, модель повинна описувати для відповідного об'єкту автоматизації всі необхідні інформаційні елементи (вхідні і вихідні дані), а саме повна множина інформаційних елементів $V_{tg} = \{v_{tgi} | l_{tg} = \overline{1, L_{tg}}\}$ має вигляд (показаний в табл. 3 і 4). Попередні інформаційні елементи з 1 по 79 - описані в [3].

$$V_{tg} = \{v_{tgi} | l_{tg} = \overline{80, 93}\} \quad (8)$$

$$P_{tg}(V_{tg}) = 14 \quad (9)$$

де $P_{tg}(V_{tg})$ – кількість елементів множини V інформаційної системи;
 l_{tg} – обмеження функції на множині інформаційної системи, тобто звуження області визначення функції.

Таблиця 3

Основні інформаційні елементи об'єктів автоматизації тахографа в системі технічного стану ТЗ

№	Позначення	Найменування
80	v_{tg80}	Ідентифікація водія.
81	v_{tg81}	Ідентифікаційний номер карти і країни.
82	v_{tg82}	Ідентифікаційний номер автомобіля, VIN, VRN
83	v_{tg83}	Країна реєстрації та реєстраційний номер автомобіля (VRN).
84	v_{tg84}	Ідентифікація тахографа.
85	v_{tg85}	Ідентифікація одометра.
86	v_{tg86}	Діапазон обертів двигуна і тривалість.
87	v_{tg87}	Останній контроль, якому піддавався водій.
88	v_{tg88}	Зведення про діяльність за день, відомості про початок і закінчення (час, місце розташування і одометр).
89	v_{tg89}	Види діяльності із зазначенням часу початку і закінчення.
90	v_{tg90}	Дата і час останнього контролю перевищення швидкості. Дата і час першого перевищення швидкості і кількість перевищень швидкості.
91	v_{tg91}	П'ять найбільш серйозних перевищень швидкості за останні 365 днів. Дата, час і тривалість. Максимальна і середня швидкість.
92	v_{tg92}	Найбільш серйозні перевищення швидкості за останні десять днів. Дата, час і тривалість. Максимальна і середня швидкість.
93	v_{tg93}	Зміни стану задніх роз'ємів D1 / D2 і їх тривалість.

По аналогії:

$$V_{tr} = \{v_{tri} | l_{tr} = 120,131\} \quad (10)$$

$$P_{tr}(V_{tr}) = 12 \quad (11)$$

Нумерація починається з 120-го елементу, тому що елементи з 94 по 119 були залишені для розвитку та вдосконалення системи моніторингу параметрів тахографа в системі технічного стану ТЗ.

Таблиця 4

**Основні інформаційні елементи об'єктів автоматизації
трекера в системі технічного стану ТЗ**

№	Позначення	Найменування
120	v_{tr120}	Навантаження на вісь.
121	v_{tr121}	Температура в кузові.
122	v_{tr122}	Тиск у шинах
123	v_{tr123}	Температура у шинах автомобіля
124	v_{tr124}	Контроль роботи додаткового навісного обладнання. Дозволяє визначити час роботи, простою і провести аналіз раціональності використання додаткового обладнання. Контроль режимів роботи проводиться за частотою обертання двигуна додаткового обладнання
125	v_{tr125}	Контроль положення верхнього навісного обладнання або робочих органів спецтехніки. Дозволяє провести аналіз часу роботи спецтехніки
126	v_{tr126}	Контроль підйому / опускання кузова самоскида. Дозволяє визначити кількість виконаних рейсів і оцінити обсяги перевезених вантажів
127	v_{tr127}	Контроль відкриття люка горловини цистерни. Дозволяє запобігти махінаціям з паливом чи іншою рідиною, що перевозиться, таким як, несанкціонований відбір, розбавлення, забруднення
128	v_{tr128}	Масовий викид оксиду вуглецю
129	v_{tr129}	Масовий викид вуглеводнів
130	v_{tr130}	Масовий викид оксидів азоту
131	v_{tr131}	Масовий викид твердих часток

Функції автоматизації інформаційної системи моніторингу параметрів тахографа в системі технічного стану ТЗ, що повинні моделюватися системою моніторингу $F_{tg} = \{f_{tgi} | i_{tg} = \overline{1, I_{tg}}\}$, визначаємо у вигляді (табл. 5):

(12)

$$F_{tg} = \{f_{tgi} | i_{tg} = \overline{1, 16}\}$$

$$P_{tg}(F_{tg}) = 16, \quad (13)$$

де $P_{tg}(F_{tg})$ – кількість елементів множини F функцій автоматизації.

Основні завдання обробки даних (задачі, процедури) системи моніторингу параметрів тахографа в системі технічного стану ТЗ $H_{tg} = \{h_{tgj} | j_{tg} = \overline{1, J_{tg}}\}$ мають вигляд (представлені в табл. 4.6):

(14)

$$H_{tg} = \{h_{tgj} | j_{tg} = \overline{1, 15}\}$$

$$P_{tg}(H_{tg}) = 15 \quad (15)$$

Таблиця 5

Функції автоматизації, що виконуються системою моніторингу параметрів тахографа в системі технічного стану ТЗ

№	Позначення	Найменування
1	f_{ig1}	Періодичне збирання даних параметрів щодо ідентифікації ТЗ за інтервал часу Δt
2	f_{ig2}	Періодичне збирання даних щодо стану ТЗ за інтервал часу Δt
3	f_{ig3}	Періодичне збирання даних параметрів щодо часу роботи ТЗ за інтервал часу Δt
4	f_{ig4}	Періодичне збирання параметрів щодо швидкості ТЗ за інтервал часу Δt
5	f_{ig5}	Періодичне збирання даних параметрів щодо стану причепа за інтервал часу Δt
6	f_{ig6}	Прогнозування значень параметрів ідентифікації ТЗ
7	f_{ig7}	Прогнозування значень параметрів стану ТЗ
8	f_{ig8}	Прогнозування значень параметрів часу роботи ТЗ
9	f_{ig9}	Прогнозування значень параметрів швидкості ТЗ
10	f_{ig10}	Прогнозування значень параметрів щодо стану причепа
11	f_{ig11}	Формування звітів за параметрами ідентифікації ТЗ
12	f_{ig12}	Формування звітів за параметрами стану ТЗ
13	f_{ig13}	Формування звітів за параметрами часу роботи ТЗ
14	f_{ig14}	Формування звітів за параметрами швидкості ТЗ
15	f_{ig15}	Формування звітів за параметрами стану причепа
16	f_{ig16}	Забезпечення актуальності даних для прогнозування параметрів

Таблиця 6

Основні завдання обробки даних системи моніторингу параметрів тахографа в системі технічного стану ТЗ

№	Позначення	Найменування
1	h_{ig1}	Періодичне додавання в БД значень параметрів ідентифікації ТЗ
2	h_{ig2}	Періодичне додавання в БД значень параметрів стану ТЗ
3	h_{ig3}	Періодичне додавання в БД значень параметрів часу роботи ТЗ
4	h_{ig4}	Періодичне додавання в БД значень параметрів швидкості ТЗ
5	h_{ig5}	Періодичне додавання в БД значень параметрів стану причепа
6	h_{ig6}	Видалення даних параметрів ідентифікації ТЗ із бази даних (БД) у випадку втрати їх актуальності
7	h_{ig7}	Видалення даних параметрів стану ТЗ із БД у випадку втрати їх актуальності
8	h_{ig8}	Видалення даних параметрів часу роботи ТЗ із БД у випадку втрати їх актуальності
9	h_{ig9}	Видалення даних параметрів швидкості ТЗ у випадку втрати їх актуальності
10	h_{ig10}	Видалення даних параметрів стану причепа із БД у випадку втрати їх актуальності
11	h_{ig11}	Вибирання даних з БД за параметрами ідентифікації ТЗ для їх аналізу і прогнозування
12	h_{ig12}	Вибирання даних з БД за параметрами стану ТЗ для їх аналізу і прогнозування
13	h_{ig13}	Вибирання даних з БД за параметрами часу роботи ТЗ для їх аналізу і прогнозування
14	h_{ig14}	Вибирання даних з БД за параметрами швидкості ТЗ для їх аналізу і прогнозування
15	h_{ig15}	Вибирання даних з БД за параметрами стану причепа для їх аналізу і прогнозування

де $P_{tr}(H_{tr})$ – кількість елементів множини H_{tr} завдань обробки даних системи моніторингу параметрів трекера в системі технічного стану ТЗ.

Функції автоматизації інформаційної системи моніторингу параметрів трекера в системі технічного стану ТЗ, що повинні моделюватися системою моніторингу $F_{tr} = \{f_{tri} | i_{tg} = \overline{1, I_{tr}}\}$, визначаємо у вигляді (табл. 7):

$$F_{tr} = \{f_{tri} | i_{tr} = \overline{1, 7}\} \quad (16)$$

$$P_{tr}(F_{tr}) = 7, \quad (17)$$

де $P_{tr}(F_{tr})$ – кількість елементів множини F функцій автоматизації.

Основні завдання обробки даних (задачі, процедури) системи моніторингу параметрів трекера в системі технічного стану ТЗ $H_{tr} = \{h_{trj} | j_{tr} = \overline{1, J_{tr}}\}$ мають вигляд (представлені в табл. 8):

$$H_{tr} = \{h_{trj} | j_{tr} = \overline{1, 6}\} \quad (18)$$

$$P_{tr}(H_{tr}) = 6 \quad (19)$$

Таблиця 7

Функції автоматизації, що виконуються системою моніторингу параметрів трекера в системі технічного стану ТЗ

№	Позначення	Найменування
1	f_{tr1}	Періодичне збирання даних параметрів про стан ТЗ і причепа (додаткове обладнання) за інтервал часу Δt
2	f_{tr2}	Періодичне збирання даних про екологічні показники ТЗ за інтервал часу Δt
3	f_{tr3}	Прогнозування значень параметрів про стан ТЗ і причепа (додаткове обладнання)
4	f_{tr4}	Прогнозування значень параметрів про екологічні показники ТЗ
5	f_{tr5}	Формування звітів за параметрами стану ТЗ і причепа (додаткове обладнання)
6	f_{tr6}	Формування звітів за параметрами екологічних показників ТЗ
7	f_{tr7}	Забезпечення актуальності даних для прогнозування параметрів

Таблиця 8

Основні завдання обробки даних системи моніторингу параметрів трекера в системі технічного стану ТЗ

№	Позначення	Найменування
1	h_{tr1}	Періодичне додавання в БД значень параметрів про стан ТЗ і причепа (додаткове обладнання)
2	h_{tr2}	Періодичне додавання в БД значень параметрів про екологічні показники ТЗ
3	h_{tr3}	Видалення даних параметрів про стан ТЗ і причепа (додаткове обладнання) із бази даних (БД) у випадку втрати їх актуальності
4	h_{tr4}	Видалення даних параметрів про екологічні показники ТЗ із БД у випадку втрати їх актуальності
5	h_{tr5}	Вибирання даних з БД за параметрами стану ТЗ і причепа (додаткове обладнання) для їх аналізу і прогнозування
6	h_{tr6}	Вибирання даних з БД за параметрами екологічних показників ТЗ для їх аналізу і прогнозування

В табл. 9 зводимо основні можливі варіанти множини користувачів системи для формування множини значень, що характеризує кількість і склад персоналу, який забезпечує роботу з системою моніторингу параметрів тахографа та трекера в системі технічного стану ТЗ $P_{tg} = P_{tr} = \{p_{tgk} | k_{tg} = \overline{1, K_{tg}} = p_{trk} | k_{tr} = \overline{1, K_{tr}}\}$, що мають вигляд:

$$P_{tg} = P_{tr} = \{p_{t_{gk}} | k_{tg} = p_{trk} | k_{tr} = 1,3\} \quad (20)$$

$$P_{tg}(P_{tg_1}) = P_{tr}(P_{tr_1}) = 3, \quad (21)$$

де $P_{tg}(P_{tg_1})$ та $P_{tr}(P_{tr_1})$ – кількість елементів множини P значень, що характеризують кількість і склад персоналу.

Таблиця 9

Склад експлуатаційного персоналу, який забезпечує роботу систем моніторингу параметрів тахографа і трекера в системі технічного стану ТЗ

№	Позначення	Найменування
1	$P_{tg1}; P_{tr1}$	Технічний оператор робочого місця мережі моніторингу ТЗ: інженер, механік, менеджер
2	$P_{tg2}; P_{tr2}$	Черговий оператор: реагування на аварійні сигнали
3	$P_{tg3}; P_{tr3}$	Представник служби сервісу (виробника)

Висновки. В результаті формування опису моделі бази даних інформаційної системи моніторингу параметрів тахографа і трекера в системі технічного стану ТЗ [3, 8 - 10] визначено основні множини відносин (взаємозв'язків) між компонентами в межах інформаційної моделі предметної області транспортного засобу. Отримано інформаційні моделі, які забезпечують сталий однозначний зв'язок об'єктів системи з інформаційними елементами і з об'єктами автоматизації.

Список використаних джерел:

1. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я. и др; под. ред. Волкова В.П. - Донецк: Ноулидж. 2013. - 400 с.
2. Матейчик В. П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В.П. Матейчик, В.П. Волков, П.Б. Комов, І.В. Грицук, А.П. Комов, Ю.В. Волков // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. - 2014. - Вип. 13(1).- С. 125-137.
3. Волков В.П. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів Монографія / Під редакцією Волкова В.П. / Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В. // Харків: Вид-во Панов А. М., 2018. - 298 с.
4. Атрощенко В.А. К вопросу выбора алгоритмов решения задачи синтеза оптимальных структур распределенных баз данных на предприятиях хлебопекарной промышленности / В.А. Атрощенко, Д.В. Тишковский // Пищевые технологии КубГТУ. 2009. - №4
5. Тишковский, Д.В. Особенности методики создания информационной системы предприятий хлебопекарной промышленности [Электронный ресурс] / Д.В. Тишковский // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – Режим доступа: www.science-education.ru/104-6824 (дата обращения 13.09.2017 г.). – Название с экрана.
6. Атрощенко В.А. Технические возможности повышения ресурса автономных электростанций энергетических систем. Монография. / В.А. Атрощенко, Ю.Д. Шевцов, П.В. Яцынин, Р.А. Дьяченко, М.Н. Педько. - Краснодар: Издательский Дом - Юг, 2010. - 192 с.
7. Махаммад М.Д. Разработка информационной системы для дизельных электростанций с возможностями прогноза их технического состояния: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.01 / Махаммад Мааз Джасем Махаммад; ГОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет». – Краснодар, 2009. – 23 с.
8. Дмитриченко М.Ф., Матейчик В.П., Волков В.П., Грицук О.К., Цюман М.П., Грицук І.В., Вайганг Г.О., Клименко О.А.. Програмне забезпечення систем моніторингу транспорту / Під редакцією Дмитриченка М.Ф. – Київ: Вид-во НТУ, 2016. – 204с.
9. Волков В.П., Мырхалыков Ж.У., Грицук І.В., Никонов О.Я., Сатаев М.И., Волков Ю.В., Саипов А.А. Интеллектуальные и телематические технологии на транспорте / Под ред. Волкова В.П. – Шымкент: Изд-во ЮКГУ им. М. Ауэзова, 2016. – 508 с.
10. Gritsuk, I., Zenkin E.Y., E., Bulgakov, N., Golovan, A. et al., "The Complex Application of Monitoring and Express Diagnosing for Searching Failures on Common Rail System Units," SAE Technical Paper 2018-01-1773, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-1773>.

Рецензенти:

Грицук Ігор Валерійович, дтн, професор кафедри ЕСЕУ ХДМА.

Головань Андрій Вікторович, ктн, доцент кафедри СЕУ та технічна експлуатація ОНМУ.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2019

УДК: 656.072 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.23

В.М. Чижик¹, Є.В. Любий², Ю.Ю. Дрига²Луцький національний технічний університет¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет²

МЕТОДИКА ОЦІНКИ СОЦІАЛЬНОГО ЕФЕКТУ ВІД ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ЗА ВІДОМИМ ДЛЯ ПАСАЖИРІВ РОЗКЛАДОМ РУХУ

Проблема витрат часу очікування пасажирів транспортним засобом на зупиночному пункті є актуальною для кожного мешканця міста, який користується громадським транспортом. Розробка аналітичної залежності є теоретичною базою для проведення оцінки ефективності функціонування маршрутних мереж міст в цілому та, зокрема, дозволяє надати кількісну оцінку заходів, спрямованих на скорочення фази очікування під час здійснення пасажирів пересувань. При впровадженні технології обслуговування пасажирів громадським транспортом який працює заздалегідь відомим для них розкладом руху, час очікування буде залежати виключно від кожного користувача міського пасажирського транспорту та його індивідуального ставлення до поїздки в цілому, що дозволяє мінімізувати як самі витрати часу, так і негативне сприйняття цих витрат.

Ключові слова: міський пасажирський транспорт, громадський транспорт, маршрутна мережа, транспортний засіб, зупиночний пункт, час очікування пасажирів маршрутних транспортних засобів.

В.М. Чижик, Е.В. Любий, Ю.Ю. Дрига

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНОГО ЭФФЕКТА ОТ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ПО ИЗВЕСТНОМУ ДЛЯ ПАССАЖИРА РАСПИСАНИЮ ДВИЖЕНИЯ

Проблема затрат времени ожидания пассажирами транспортного средства на остановочном пункте актуальна для каждого жителя города, который пользуется общественным транспортом. Разработка аналитической зависимости является теоретической базой для проведения оценки эффективности функционирования маршрутных сетей городов в целом и, в частности, позволяет предоставить количественную оценку мер, направленных на сокращение фазы ожидания при осуществлении пассажирами передвижений. При внедрении технологии обслуживания пассажиров общественным транспортом работающим по заранее известному для них расписанию движения, время ожидания будет зависеть исключительно от каждого пользователя городского пассажирского транспорта и его индивидуального отношения к поездке в целом, что позволяет минимизировать как сами затраты времени, так и негативное восприятие этих расходов.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, общественный транспорт, маршрутная сеть, транспортное средство, остановочный пункт, время ожидания пассажирами маршрутных транспортных средств.

V. Chyzhyk, Y. Liubiy, Y. Dryha

THE EVALUATION METHOD OF SOCIAL EFFECT OF URBAN TRANSPORT SERVICE ACCORDING TO THE AVAILABLE TIME-TABLE OF PASSENGER TRAFFIC TECHNOLOGIES

The problem of waiting time for passengers at a bus stop is relevant for every city residents who uses public transport. The development of analytical dependence is a theoretical basis for assessing the efficiency of the operation of city route networks as a whole and, in particular, allows to provide a quantitative assessment of measures aimed at reducing the waiting phase during passenger movements. With the introduction of public transport passenger service technology operating according to a timetable known to them, the waiting time will depend solely on each user of urban passenger transport and his individual attitude to the trip as a whole, which allows to minimize both the time costs and the negative perception of these costs.

Keywords: urban passenger transport, public transport, itinerary, vehicle, stopping point, waiting time for passengers of route vehicles.

Постановка проблеми. Значне підвищення якості обслуговування пасажирів міським пасажирським транспортом можливе за рахунок мінімізації витрат часу очікування пасажирів маршрутних транспортних засобів на зупиночних пунктах на початку поїздки та під час здійснення пересадок. Головною проблемою міст України на цьому шляху є низький рівень інформаційного забезпечення населення про розклад руху громадського транспорту на маршрутах.

Для пасажирів, які очікують транспортний засіб на зупиночному пункті і не знають точного часу його прибуття, а лише інтервал руху, середній час очікування може коливатись від половини інтервалу і майже до величини, яка рівна інтервалу руху транспортних засобів на маршруті. Таку технологію обслуговування пасажирів громадським транспортом можливо назвати – «інтервальна технологія» обслуговування пасажирів. У випадку, коли пасажир володіє інформацією про розклад руху, а водії маршрутного транспорту чітко його виконують, тривалість очікування для пасажирів буде залежати виключно від ставлення до поїздки в цілому та цінування особистого

вільного часу. Таку технологію обслуговування в статті прийнято називати – «за відомим розкладом руху» Перехід з інтервальної технології на обслуговування пасажирів за розкладом руху, в першу чергу, змушує підприємства автомобільного транспорту дотримуватись дисципліни руху. По-друге, пасажир матимуть змогу прогнозувати свій час проведений на зупинці під час очікування транспортного засобу та мінімізувати тривалість пересування в цілому.

На теперішній час не існує методики оцінки ефективності переходу обслуговування пасажирів громадським транспортом від інтервальної технології до технології за відомим розкладом руху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У будь-якому місті України можна побачити значну різницю у дотриманні розкладу руху на електротранспорті та на маршрутному громадському транспорті. Не менш важливим фактором є те, що для всіх видів електротранспорту у всіх містах України характерна комунальна або державна форма власності. Для них також обов'язковою є наявність маршрутного розкладу. В той час, як приватні підприємства не дотримуються принципу дисциплінованості та транспортні засоби виїжджають на лінію за приблизним розкладом руху, напрацьованому емпіричним методом, не дотримуючись жодної чіткості.

Слід розуміти, що згідно з правилами перевезення пасажирів [1], умовами організації перевезень пасажирів [2] та порядком розроблення та затвердження паспорта автобусного маршруту [3] жодний міський маршрут не може працювати без заздалегідь розробленого розкладу руху транспортного засобу на ньому.

Загалом автоперевізники встановлюють лише графік початку робочого часу на маршруті та його закінчення, що свідчить про відсутність деталізації розкладу руху. Тобто транспортні засоби не дотримуються розкладу руху на проміжних зупинках в наслідок його відсутності. Щоб система роботи маршрутних транспортних засобів працювала за розкладом руху, необхідно, по-перше, впровадити жорсткий громадський контроль за виконанням даної схеми, по-друге, мотивувати самоорганізованість водіїв та виключити системні порушення заради власної наживи.

Постановка завдань. Метою цієї статті є визначення соціального та економічного ефекту, який досягається за рахунок скорочення часу очікування пасажирів на зупиночних пунктах в наслідок переходу до технології обслуговування за відомим розкладом руху.

Викладення основного матеріалу. Існує безліч варіантів освідомлення пасажирів маршрутної мережі про розклад руху. Під час активного використання технічних засобів зв'язку кожен може завантажити собі у телефон мобільний додаток, в якому детально буде розписаний розклад руху кожного транспортного засобу в маршрутній мережі міста, або скористатися мережею Internet, де також є необхідна інформація. Для тих, хто звик користуватися паперовими ресурсами, розробляються невеликі брошури, що розміщені у спеціальних скринях на зупиночному пункті. Також на великому форматі роздруковується розклад руху та прикріплюється безпосередньо на самому зупиночному пункті. Менш актуальний варіант, та не менш важливий – розміщення розкладу руху транспортних засобів у місцевій газеті.

Кожен із вищезазначених способів інформування несе за собою певні витрати, вони можуть бути як матеріальними, так і трудовими. Всі ці витрати складають витратну частину переходу на обслуговування пасажирів за розкладом руху. Визначення загальних витрат на інформаційне забезпечення пасажирів про розклад руху на маршрутах дасть змогу визначити позитивні результати від переходу з інтервального способу на обслуговування пасажирів за відомим розкладом руху.

Для відображення розкладу руху існує декілька варіантів: графічний та табличний. Зазвичай використовуємо табличний вид, адже він більш зрозумілий для пасажирів та дозволяє розмішувати його у будь-якому засобі масової інформації зазначеному вище.

Для відома пасажирів на кінцевих і проміжних пунктах маршруту, на автовокзалах та автостанціях розміщується розклад для пасажирів. На початкових зупиночних пунктах в інформаційному розкладі вказується точний час початку руху транспортного засобу для кожного рейсу протягом доби. На проміжних зупиночних пунктах для міських і приміських маршрутів вказується номер обслуговуючого зупиночного пункту маршруту, початок і закінчення роботи маршруту, характерні інтервали руху по періодах доби; для міжміських маршрутів – точний час прибуття і відправлення транспортного засобу протягом доби.

Що стосується міських маршрутів, то згідно з правилами перевезення пасажирів [1] у пасажирському розкладі дозволяється вказувати інтервал руху замість точного часу прибуття та

відправлення пасажирів, якщо інтервал не перевищує 10 хвилин. Зазвичай ці вимоги не виконуються взагалі.

Для визначення соціального ефекту необхідно провести порівняння середнього часу очікування пасажирів маршрутного пасажирського транспорту при інтервальній технології та за відомим розкладом руху. Також під час розрахунку ефекту необхідно враховувати величину кореспонденції та період прогнозування, тобто добу, місяць або рік. Інформаційною основою для проведення розрахунків стала матриця кореспонденцій для ранкового пікового періоду у робочий день у місті Харків.

Загальна кількість пересувань для пікового періоду міста Харкова становить 359467 пасажирів, але їх реалізація в умовах відомого розкладу руху означала б, що всі пасажирів володіють інформацією про розклад руху ТЗ на маршруті. Таке твердження для технології обслуговування пасажирів за розкладом руху буде помилковим, оскільки в силу різних обставин далеко не всі пасажирів та далеко не завжди можуть бути ознайомлені із розкладом руху.

Тому зроблено припущення, що із урахуванням усіх способів інформування із розкладом будуть ознайомлені лише 1% пасажирів від загальної кількості пересувань у матриці пасажирських кореспонденцій, тобто 3595 пасажирів.

Соціальний ефект переходу до обслуговування пасажирів за відомим розкладом руху розраховується за наступною залежністю:

$$C = \frac{(W_{\text{оч}}^{\text{it}} - W_{\text{оч}}^{\text{pp}}) \cdot Q \cdot D_p}{60}, \quad (1)$$

де $W_{\text{оч}}^{\text{it}}$ – середній час очікування пасажирів транспортного засобу на зупиночних пунктах для маршрутної мережі при інтервальній технології обслуговування, хв;

$W_{\text{оч}}^{\text{pp}}$ – середній час очікування пасажирів при технології обслуговування за відомим розкладом руху транспортного засобу на маршрутах, хв;

Q – кількість пересувань, що реалізують пасажирів, які проінформовані про розклад руху за один день, пас./доб.

D_p – кількість робочих днів у році (у 2018 році – 250 днів).

За результатами натурних спостережень [5] було розраховано середнє значення часу очікування пасажирів для ранкових годин пік, яке становить 5,72 хв, тобто 5 хв 43 с.

Розрахунок фактичного часу очікування пасажирів транспортного засобу на зупиночних пунктах для маршрутної мережі в цілому при інтервальній технології обслуговування пасажирів складається з декількох етапів: визначення для кожної пари зупиночних пунктів в місті інтервалів руху транспортного засобу усіх маршрутів, що їх сполучають; розрахунок параметру форми розподілу інтервалів руху транспортного засобу на маршрутах; визначення часу очікування пасажирів для кожної пари зупиночного пункту, враховуючи параметри форми гамма-розподілу випадкової величини інтервалів руху транспортного засобу на маршруті; визначення величини кореспонденції між кожною парою зупиночних пунктів; розрахунок середньозваженого часу очікування пасажирів для маршрутної мережі міста.

Середня тривалість очікування транспортного засобу пасажирів при інтервальній технології обслуговування пасажирів для ранкового пікового періоду за допомогою використання імітаційного моделювання становить 9,9 хв [5].

Завдяки цьому за залежністю (1) можливо визначити очікуваний соціальний ефект від впровадження технології обслуговування пасажирів за розкладом руху, який становить

$$C = \frac{(9,9 - 5,72) \cdot 3595 \cdot 250}{60} = 62613 \text{ год/рік.}$$

Завдяки проведеним розрахункам було виявлено переконливий соціальний ефект у вигляді економії часу поїздки пасажирів.

Розрахунок можливої економії часу ще недостатньо для отримання повного уявлення про доцільність будь-якого заходу, в тому числі й зміни технології обслуговування пасажирів. Проведення економічного аналізу передбачає визначення двох основних параметрів: витрат, які потрібні на впровадження запропонованих заходів, та зекономлених коштів від реалізації останніх. В загальному вигляді для цього можна записати наступний вираз:

$$E = D - B, \quad (2)$$

де E – ефект від реалізації запропонованих заходів щодо реорганізації процесу обслуговування пасажирів міського пасажирського транспорту, грн/рік;

D – потенційна економічна вигода пасажирів за рахунок економії часу очікування транспорту на зупиночному пункті, грн/рік;

V – витрати, необхідні на реалізацію запропонованих заходів, грн/рік.

Потенційна економічна вигода повинна розраховуватись як добуток виграного часу, середньої вартості однієї робочої години і кількості робочих днів у році. В якості вихідних даних обрано доступну статистичну інформацію за 2018 рік. Згідно із [4] середньомісячна заробітна плата у розрахунку на одного штатного робітника становить 7390 грн/місяць. Кількість робочих годин у 2018 році за офіційними джерелами [4] при 40 годинному робочому тижні дорівнює 2004 години. Отже, середня вартість однієї години праці середньостатистичного робітника становить

$$C_{\Pi} = \frac{3 \cdot 12}{T}, \quad (3)$$

де 3 – середньомісячна заробітна плата одного робітника, грн/міс.;

T – кількість робочих годин у розрахунковому році, год.

Із розрахунку на 2018 рік середня вартість однієї години роботи штатного робітника становить

$$C_{\Pi} = \frac{7390 \cdot 12}{2004} = 44,25 \text{ грн/год.}$$

В такому разі вигода від економії часу пасажирів під час очікування транспорту на зупинці може становити

$$D = C \cdot C_{\Pi} \quad (4)$$

$$D = 62613 \cdot 44,25 = 2770625 \text{ грн/рік.}$$

Витратна частина переходу до технології обслуговування пасажирів громадським транспортом за відомим розкладом руху пов'язана, перш за все, із процедурою інформування пасажирів та контролю за дотриманням водіями розкладу руху.

Під час розрахунку економічного ефекту вважається, що водії чітко дотримуються розроблених перевізниками графіків роботи рухомого складу на маршрутах та в цілому забезпечується висока надійність наданих транспортних послуг.

Витратну частину реалізації переходу слід поділити на дві групи: обов'язкові та додаткові.

По-перше, до першої групи слід віднести обов'язковий і надійний спосіб інформування пасажирів про поточний розклад руху транспортного засобу на міських маршрутах – розміщення по кожному маршруту розкладу руху безпосередньо на зупиночних пунктах.

По-друге – обов'язкова розробка електронної бази даних, що містить інформацію про розклад руху усіх видів транспорту, що функціонують в місті, і розміщення цієї інформації на електронному ресурсі в мережі Internet із вільним доступом.

По-третє – це організація роботи та обслуговування гарячої лінії, необхідної для забезпечення фіксування випадків недотримання водіями графіків руху або взагалі зривів рейсів.

І до четвертої обов'язкової частини витрат слід віднести публікацію розкладу в щоденних або періодичних друкованих виданнях.

Додаткові витрати будуть пов'язані із розробкою спеціальних програм для кишенькових переносних пристроїв та друк різного роду брошур для розповсюдження безпосередньо в транспортному засобі.

В такому випадку витрати, спрямованні на належне інформування пасажирів, будуть становити

$$V = V_{ep} + V_{pp} + V_{гл} + V_{пв} + V_{пп} + V_{б}, \quad (5)$$

де V_{ep} – витрати пов'язані із розробкою електронної бази даних та електронного ресурсу в мережі Internet, грн/рік;

V_{pp} – витрати на розробку, виготовлення та розміщення розкладу руху на зупиночних пунктах маршрутної мережі міста, грн/рік;

$V_{гл}$ – витрати на організацію та обслуговування гарячої лінії, грн/рік.

$V_{пв}$ – витрати на публікацію розкладу в щоденних чи періодичних виданнях, грн/рік;

$V_{пп}$ – витрати на розробку програмного продукту для кишенькових гаджетів, грн/рік;

$V_{б}$ – витрати на друк різноманітних брошур із розкладом, грн/рік.

Згідно з інформацією офіційного порталу веб-студії розроблення сайтів «Interneга», нижня межа вартості розробки найпростішого корпоративного web-сайту адаптивного типу (адаптивний тип дозволяє переглядати інформацію на сайті не лише із комп'ютерів, а й із будь-яких персональних гаджетів) становить 20 000 грн.

Найпростішим і найменш витратним способом інформування пасажирів про час прибуття транспортного засобу на зупиночний пункт є розміщення на ній інформаційної таблиці із розкладом руху усіх маршрутів, що проходять через зупинку. Загальна кількість зупинок, що налічує маршрутна мережа міського пасажирського транспорту м. Харкова, становить 491 од.

Мінімальна кількість маршрутів, що проходять через зупиночний пункт, складає 1, максимальна – 28. Весь масив зупиночного пункту було поділено на два типи: перший – це зупиночний пункт, через які проходить до 10 маршрутів, та другий – проходить більше 10 маршрутів. Зупинок першого типу виявилось 413 од., а другого – 78 од.. Такого роду розмежування зроблено з метою оформлення розкладу руху на двох друкованих форматах: А3 для першого типу зупинок і А2 для другого типу зупинок відповідно.

Вартість друку і ламінування одного листа формату А3 дорівнює 40 грн та формату А2 – 65 грн. Тоді загальний обсяг витрат, необхідний для друку розкладів руху для маршрутної мережі м. Харків в прямому та зворотному напрямках, становить

$$V_{pp} = (413 \cdot 40 + 78 \cdot 60) \cdot 2 = 42400 \text{ грн.}$$

Організація та обслуговування гарячої лінії є найбільш швидким та дієвим способом фіксування порушень з боку водіїв правил перевезення пасажирів та відхилень від розкладу руху транспортного засобу на маршрутах. Оскільки тривалість роботи гарячої лінії повинна охоплювати період роботи транспорту, то витрати на обслуговування зв'язку наведені із розрахунку на період із 6:00 і до 22:00.

В такому випадку тривалість роботи складає 16 годин. Враховуючи восьмигодинний робочий день, необхідно мінімум три працівника на обслуговування телефонної лінії, заробітна плата для яких становитиме як мінімум за 2018 рік – 3720 грн.

Витрати безпосередньо на утримання номеру гарячої лінії складаються із вартості підключення, щомісячної абонентської плати та вартості однієї хвилини розмови. Таким чином вартість організації роботи гарячої лінії буде становити

$$V_{гл} = V_{зп} + V_{ап}, \quad (6)$$

де $V_{зп}$ – витрати на оплату праці робітників, що обслуговуватимуть телефон гарячої лінії, грн/місяць;

$V_{ап}$ – витрати на відкриття телефонного номеру та щомісячні витрати, грн/рік.

Із розрахунку на трьох працівників річні витрати на заробітну плату становитимуть

$$V_{зп} = N_{роб} \cdot ЗП \cdot 12, \quad (7)$$

де $N_{роб}$ – необхідна кількість робітників (мінімум необхідно 2 робітника);

ЗП – заробітна плата одного робітника, грн/місяць.

$$V_{зп} = 2 \cdot 3720 \cdot 12 = 89280 \text{ грн.}$$

Витрати на відкриття телефонного номеру та щомісячні витрати становитимуть:

$$V_{ап} = V_{підкл.} + V_{міс} \cdot 12 + V_{хв} \cdot N_{хв} \cdot D_p, \quad (8)$$

де $V_{підкл.}$ – разові витрати на підключення безкоштовного телефонного номеру, грн (880 грн);

$V_{міс}$ – щомісячна абонентська плата за користування телефоном, грн/місяць (100 грн);

$V_{хв}$ – вартість однієї хвилини вхідного дзвінка, грн/хв (0,4 грн/хв);

$N_{хв}$ – тривалість розмови протягом доби, хв.

Невідомою та непрогнозованою величиною в даній залежності є можлива тривалість розмов протягом доби. Варіант зайнятості лінії протягом 16 годин малоімовірний, тому прийнято, що найгіршим варіантом була б тривалість розмов протягом 8 годин, тобто 480 хвилин за один робочий день.

Тоді витрати на утримання номеру гарячої лінії становитимуть

$$V_{ап} = 880 + 100 \cdot 12 + 0,4 \cdot 480 \cdot 250 = 50080 \text{ грн/рік.}$$

Загальні витрати на обслуговування гарячої лінії

$$V_{гл} = 89280 + 50080 = 139360 \text{ грн/рік.}$$

Що стосується публікацій в періодичних виданнях, то середня вартість розробки макету однієї сторінки становить 60 грн та друку газети формату А4 на 12 сторінок тиражем у 20000 одиниць становить 23786 грн. Кількість сторінок розраховується згідно кількості маршрутів, що проходять через певний зупиночний пункт. Достатньою буде щомісячна публікація із можливими оновленнями в розкладі руху міського пасажирського транспорту.

Тоді вартість такого способу інформування становитиме

$$V_{\text{пв}} = (V_{\text{м}} \cdot N_{\text{стор}} + V_{\text{тир}}) \cdot 12, \quad (9)$$

де $V_{\text{м}}$ – вартість розробки макету однієї сторінки, грн/стор.;

$N_{\text{стор}}$ – кількість сторінок в газеті, стор.;

$V_{\text{тиражу}}$ – вартість друку тиражу, грн.

$$V_{\text{пв}} = (60 \cdot 12 + 23786) \cdot 12 = 294072 \text{ грн/рік.}$$

Розробка програмного забезпечення, наприклад на найбільш розповсюджену операційну систему для смартфонів Android, було б найбільш технологічним та інноваційним рішенням питання інформаційного супроводу пасажирів про розклад руху транспортного засобу на маршрутах. Створення такої інформаційної програми із системою GPS позиціонування транспортного засобу на маршрутах вивело б систему міського пасажирського транспорту на новий якісний рівень.

Звичайно, такі кроки до розвитку транспортної системи потребують обов'язкової підтримки з боку органів місцевого самоврядування та значних трудових і фінансових витрат. Тому на початковому етапі було б доцільне створення інформаційної бази на систему Android із перспективою подальшого розвитку в напрямку організації роботи міського пасажирського транспорту та інформаційного забезпечення пасажирів.

Вартість розробки інформаційного програмного забезпечення коливається в широкому діапазоні, починаючи із \$1000 і до верхньої межі, яка може сягати понад \$10000. Найпростіший варіант розробки такого програмного продукту міг би коштувати приблизно \$3000, що в еквіваленті національної валюти складає 84000 грн.

Ще один із способів інформаційного супроводу пасажирів, який широко використовується в розвинених країнах Європи, – це розповсюдження розкладу руху за допомогою друкованих флаєрів в салоні ТЗ або на зупинках міських маршрутів.

Враховуючи можливу зміну або корегування розкладу, природне зношення флаєрів як в салоні ТЗ, так і в обігу у пасажирів, доцільно щомісячно оновлювати друковані екземпляри. Вартість друку флаєрів розміром 210x100 тиражем 20000 шт. – 3446 грн. Тобто в рік необхідно витратити на друк розкладу 41352 грн.

Підсумовуючи всі статті витрат, можна отримати річні витрати в розмірі

$$V = 20000 + 42400 + 139360 + 294072 + 84000 + 41352 = 621184 \text{ грн/рік.}$$

Реалізація такої програми переходу до обслуговування пасажирів міського пасажирського транспорту за відомим розкладом руху потребує певного періоду часу, зусиль та фінансових витрат. Але позитивна сторона від переходу, при досить малій долі ознайомлення пасажирів із розкладом значна у порівнянні із витратною частиною. В цьому випадку економічна вигода від ознайомлення мешканців м. Харкова з розкладом руху у ранкові години пік протягом одного року становитиме

$$E = 2770625 - 621184 = 2149441 \text{ грн.}$$

Отриманий результат наглядно свідчить про ефективність цього напрямку діяльності для міської влади, оскільки при достатньо невисоких матеріальних витратах на організацію обслуговування пасажирів за розкладом руху та інтенсивному ознайомленні пасажирів про розклад руху транспортних засобів на міських маршрутах, місто зможе забезпечити суттєве зниження часу очікування пасажирів, досягти значного покращення умов пересувань громадським транспортом та підвищити його конкурентоздатність по відношенню до приватного транспорту.

Висновки. Обслуговування пасажирів громадським транспортом за інтервальною технологією призводить до значних втрат часу на очікування транспортного засобу на зупиночному пункті. Перехід до технології обслуговування пасажирів за розкладом руху можливий за умови переведення всіх автобусних маршрутів, що функціонують у режимі маршрутного таксі, на роботу у звичайному режимі. Організації громадського контролю з боку пасажирів за дотриманням водіями розкладів руху на маршрутах за умови інформаційного

забезпечення пасажирів про розклад руху на маршруті поряд зі створенням замовником безкоштовної «гарячої лінії» для повідомлення про випадки несвоєчасного прибуття транспортних засобів на зупинку.

Список використаних джерел:

1. Про внесення змін до Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту: Постанова КМУ від 26 вересня 2007 р. № 1184. Редакція від 22.06.2012, підстава 528-2012-п / Офіц. вісник України. – 2007. – № 75. – С. 5 – 23.

2. Про затвердження Порядку організації перевезень пасажирів та багажу автомобільним транспортом [Електронний ресурс]: Наказ міністерства інфраструктури України від 15.07.2013 р. № 480. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1282-13>.

3. Про затвердження Порядку розроблення та затвердження паспорта автобусного маршруту [Електронний ресурс]: Наказ міністерства транспорту та зв'язку України від 07.05.2010 р. № 480. – 4. Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0408-10>.

Офіційний веб-портал Міністерства соціальної політики України [Електронний ресурс] / – Режим доступу: www.mlsp.gov.ua. – Заробітна плата та умови праці.

5. Чижик В. М. Розробка аналітичних моделей визначення часу очікування пасажирями маршрутного транспорту в містах : дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Чижик Віталій Михайлович – Харків, 2018. – 185 с.

Рецензенти:

Бекетов Ю. О., декан факультету транспортних систем Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, к.е.н, проф.

Давідч Ю.О., професор кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова, д.т.н., проф.

Стаття надійшла до редакції 13.09.2019

УДК 666.189.21 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.24

Ю.Н. Чувашов¹, И.И. Дидук¹, О.М. Ященко¹, В.И. Гулик², Н.И. Кошеленко¹¹Інститут матеріалознавства ім. І.Н. Францевича НАН України²Інститут проблем безпеки АЕС НАН України**ПОЛУЧЕНИЕ БАЗАЛЬТОВЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ В₂O₃ ВОЛОКОН ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ***Исследовано влияние добавок В₂O₃ на свойства базальтовых расплавов и волокон для радиационной защиты в виде базальтофибробетон.**Ключевые слова :базальто-борные волокна, оксид бора, базальтофибробетон, радиационная защита.***Ю.М. Чувашов¹, І.І. Дідук¹, О.М. Ященко¹, В.І. Гулік², Н.І. Кошеленко¹**¹Інститут матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України²Інститут проблем безпеки АЕС НАН України**ОТРИМАННЯ БАЗАЛЬТОВИХ МОДИФІКОВАНИХ В₂O₃ ВОЛОКОН ДЛЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ***Досліджено вплив добавок В₂O₃ на властивості базальтових розплавів і волокон для радіаційного захисту у вигляді базальтофібробетону.**Ключові слова: базальто-борні волокна, оксид бору, базальтофібробетон, радіаційний захист.***Yu.N. Chuvashov¹, I.I. Diduk¹, O.M. Yashchenko¹, V.I. Gulik², N.I. Koshelenko¹**¹ Institute of Materials Science named after I.N. Frantsevich NAS of Ukraine² Institute for Safety Problems of NPPs of NAS of Ukraine**OBTAINING BASALT MODIFIED В₂O₃ FIBERS FOR RADIATION PROTECTION***The effect of В2O3 additives on the properties of basaltic melts and fibers for radiation protection in the form of basalt fiber concrete was studied.**Key words: basalt-boronfibers, boron oxide, basalt-fiber concrete, radiation protection.***Введение**

Использование базальтовых волокон всё более широко применяется для армирования различных композиционных материалов, в том числе в бетонах с использованием цементных вяжущих. Увеличение прочностных характеристик, трещиностойкости, температуростойкости, морозостойкости и, как следствие, долговечности является фактором широкомасштабного применения базальтовых волокон. Для этого используются непрерывные базальтовые волокна (общее названия алюмосиликатных волокон, полученных из горных пород таких как базальт, диабаз, габбро, андезит-базальт и др.) в виде фибры (рубленный ровинг со средним диаметром волокна от 12 мкм и длиной от 1 до 150 мм) [1-4].

Базальтовые волокна имеют более высокую устойчивость в агрессивных средах по сравнению со стекловолокном типа Е, фактически уступая только циркониевым волокнам [2-10].

Развитие производства базальтовых волокон обуславливает получение композиционных материалов на их основе с заданным комплексом свойств и высокими качественными показателями, оптимизацию процессов переработки и рационального применения. Но при этом не всегда учитывается возможность корректировки состава базальта другими компонентами, которые могли бы улучшить физико-химические свойства волокон или получить композиционный материал, наделенный дополнительными характеристиками или новыми свойствами.

В работе [11] авторами рассматривается армирование бетонов базальтовыми волокнами с добавками оксида бора В₂O₃ (на основе как натурального, так и обогащенного бора по В-10) для защиты от нейтронного излучения в ядерных реакторах. Характеристики защитных свойств были промоделированы и получены методом Monte-Carlo с помощью Serpent кода.

Известно, что борная кислота используется для контроля критичности в водохлаждающем контуре ядерных реакторов [12], а карбид бора применяется в виде поглощающих нейтроны материалов в средствах регулирования мощности ядерного реактора [13].

Оксид бора В₂O₃ принадлежит к группе стеклообразователей и имеет самое широкое применение в стекловарении и в других технологических приложениях. Введение в состав стекла незначительного количества оксида бора содействует облегчению варки и осветлению стекла, позволяет снизить температуру варки, вязкость, поверхностное натяжение и способность расплава к кристаллизации, улучшает физико-химические данные стекла, повышает термо- и химическую

стойкость. Для введения оксида бора применяется борный ангидрид B_2O_3 , борная кислота, бура и борат кальция. Для большинства шихт следует использовать предварительную плавку при температурах (500-650) °С с последующим измельчением и загрузкой в плавильные агрегаты. Плавка шихт производится при возможно быстром подъеме температуры. Длительный процесс плавки шихты, а также выдержка расплава в печи приводят к интенсивному улетучиванию компонентов стекломассы, особенно B_2O_3 [14-16].

Общая особенность самого бора и его соединений – их сходство с кремнием и его соединениями [16-17]. Результаты исследования стекол структурно-чувствительными методами показывают, что в структурах боратных кристаллов и стекол одновременно встречаются два типа жестких координационных полиэдров: треугольные (BO_3) и тетраэдрические (BO_4) комплексы, соединенные через атомы кислорода в трехмерную сеть, такие треугольники и тетраэдры объединяются в более крупные группировки, которые также могут рассматриваться как жесткие фрагменты структуры, поскольку они встречаются практически в неизменном виде в различных кристаллических структурах боратов и слабо изменяются от температуры и давления. Распространены несколько типов таких борокислородных группировок, борокисольные и метаборатные кольца, метаборатные цепи, пентаборатные, триборатные, диборатные и пироборатные группы. Безводные бораты характеризуются каркасным, в редких случаях слоистым строением, среди водных боратов часто встречаются цепочечные и ленточные структуры [16-22].

Свойства боратных стекол зависят от катиона модификатора и сильно отличаются от свойств чистого стеклообразного оксида бора. Химическая устойчивость очень сильно зависит от структуры стекол. Химическая устойчивость боратных стекол связана с отношением в стекле $BO_4:BO_3$ и со степенью связанности B_2O_3 в бораты [14-15]. Наиболее устойчивы боратные стекла, которые содержат в своем составе оксиды металлов в количестве, необходимом для связывания всего B_2O_3 в метабораты. Наиболее эффективно повышают устойчивость боратных стекол La_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2 , Nb_2O_5 , Y_2O_5 [24].

Таким образом в литературе много данных по составам, строению и свойствам алюмоборосиликатных стекол и волокон, однако полностью отсутствуют данные по исследованию расплавов, стекол и волокон из базальтовых горных пород с добавками оксида бора.

Целью работы является исследование свойств базальтовых волокон из расплавов горных пород модифицированных натуральным B_2O_3 , технологических параметров их получения и армирования ими бетонов для защиты от нейтронного излучения.

2 Материалы и методы проведения экспериментов

Материалами для исследований выбран андезит-базальт Украины, который используется на предприятиях Украины, России и других стран в промышленном производстве непрерывных базальтовых волокон благодаря хорошим технологическим и эксплуатационным характеристикам производимых волокон [25], а также расплав, стекло и непрерывные базальтовые волокна полученные из расплава андезит-базальта без добавок оксида бора B_2O_3 и с добавками B_2O_3 от 6,0 мас.% (состав 1) до 12,0 мас.% (состав 2).

В качестве модификатора использовался борный ангидрид, B_2O_3 (бесцветное стеклообразное вещество, плавящееся при температуре около 300 °С).

В таблице 1 представлены данные по химическому составу исходного андезит-базальта и приведены требования к химическому составу [26] для производства непрерывных волокон.

Таблица 1

Химический состав		
Оксиды	Содержание, мас.%	
	Андезит-базальт, Украина	Требования к сырью для производства непрерывных волокон
SiO_2	52,84	47,5-55,0
TiO_2	0,50	0,2-2,0
Al_2O_3	17,28	14,0-20,0
Fe_2O_3	8,97	7,0-13,5
FeO	1,66	
MnO	-	-
MgO	6,30	3,0-8,5

CaO	7,10	7,0-11,0
Na ₂ O	2,20	2,5-7,5
K ₂ O	1,60	
P ₂ O ₅	-	-
H ₂ O	-	-
П.п.п.	1,77	не более 5,0
Сумма	100,23	
Мк	5,23	
Мв	2,60	2,2-2,7
По результатам химического анализа рассчитаны модуль кислотности Мк, показывающий кислотно-основные характеристики и модуль вязкости Мв [27].		

Получение расплавов и определение кристаллизационных свойств по температуре верхней границы кристаллизации проводили, используя лабораторные высокотемпературные печи с температурой применения до 1500 °С [28-30].

Для получения стекол расплавы шихт «закаливали» в воду. Резкое охлаждение позволяет зафиксировать стеклообразное состояние, не допустив кристаллизации, что важно для получения однородного стекла. Определение однородности (степень гомогенизации) полученных стекол, наличие кристаллической фазы при определении кристаллизационной способности, а также измерение диаметра непрерывных волокон проводили на оптическом микроскопе с увеличением более 750^x. Получение стекол с добавками борного ангидрида проводили в два этапа, сначала получали стекла из андезито-базальта, измельчали до фракции (1-2) мм и тщательно перемешивали с измельченным борным ангидридом.

Микроморфологические исследования образцов и количественный микроанализ проводили на растровом электронном микроскопе Tescan Mira 3 LMU (Tescan, Чехия) и энергодисперсионном спектрометре Oxford Instruments X-Max 80mm² SDD (Oxford Instruments, Великобритания). Микроморфология образцов исследовалась с помощью регистрации вторичных (детекторы SE и In Beam) и упруго отраженных электронов (детектор BSE). Определения элементного состава проводились в режимах Point ID и анализатора программного обеспечения INCA.

Температурную зависимость вязкости расплава определяли на вискозиметре ротационного типа [31]. Метод измерения является относительным. В его основу положен ротационный способ. Была проведена градуировка по эталонному стеклу К-15 и вязким жидкостям ПМС-500 и ПМС-1000. Относительная погрешность измерения при доверительной вероятности P=0,95 составляет 6 %. В точках измерения расплав изотермически выдерживался в течение 0,5 часа.

Непрерывные волокна получали из стекол на лабораторной установке с диаметром фильеры 1,8 мм и постоянной скоростью вытягивания равной 1580 м/мин [25, 32].

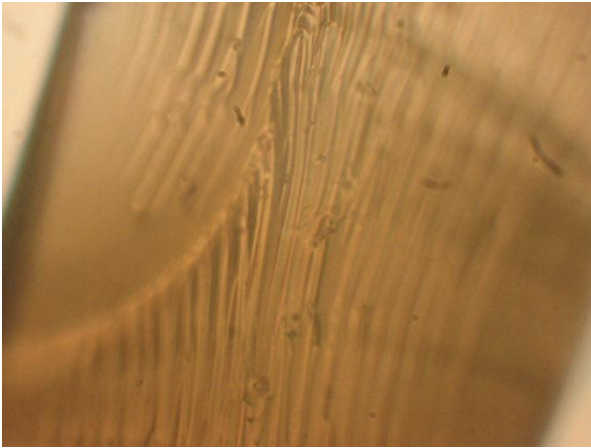
Прочность волокна на разрыв определяли для элементарного (единичного) волокна на динамометре весового типа по ГОСТ 6943.5-71 [33].

Химическая устойчивость непрерывных волокон оценивалась по потерям массы на поверхности 5000 см² при трех часовом кипячении в агрессивных средах [34].

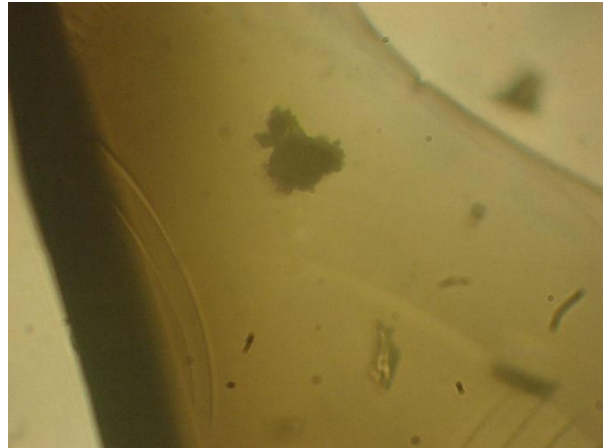
Для экспериментального определения поглощения нейтронного излучения изготовлены образцы бетона, армированного базальтовой фиброй модифицированной оксидом бора (далее базальто-борной фиброй) от 6 до 12 мас.%. Изготовлено пять наборов образцов бетона (по 5 штук каждого) с различной концентрацией базальто-борной фибры (5, 20 и 30 кг/м³) в каждом из наборов. Образцы представляли собой монолитный бетон в форме куба со сторонами 10 см. Условное обозначение образцов: R (без фибры), А (6 мас.%, концентрация – 5 кг/м³), В (6 мас.%, концентрация – 20 кг/м³), С (12 мас.%, концентрация – 5 кг/м³), D (12 мас.%, концентрация – 30 кг/м³). Измерение плотности потока нейтронов (ППН) проводились радиометром-дозиметром МКС-01Р с блоком детектирования БДКН-03Р.

3 Результаты и обсуждения

Степень гомогенизации стекол с добавками В₂О₃ после 4-х часов выдержки при температуре 1450 °С представлено на фотоснимках с оптического микроскопа при (750-1000)^x увеличении (рис.1).

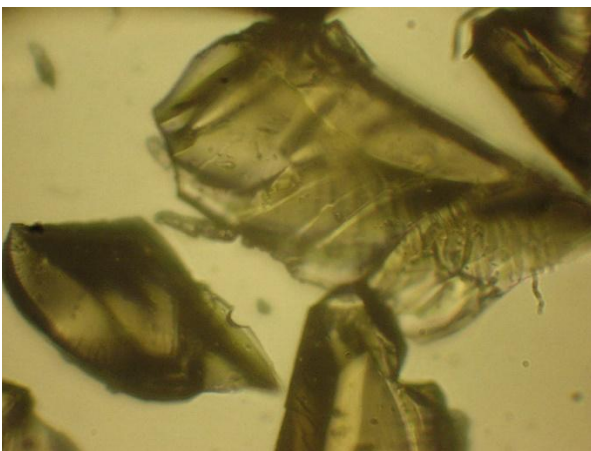


а) однородное стекло

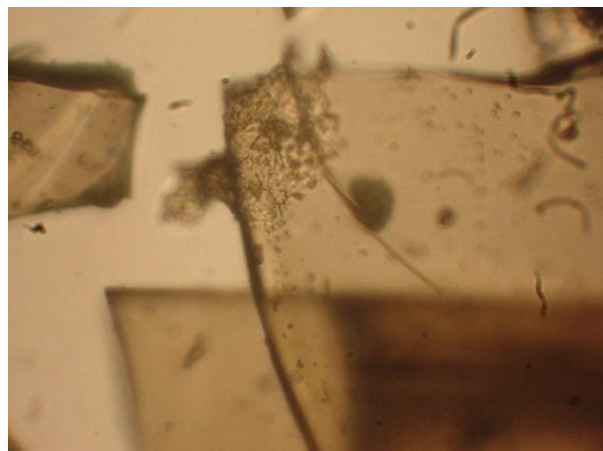


б) стекло с участком непровара

Андезито-базальт без добавок

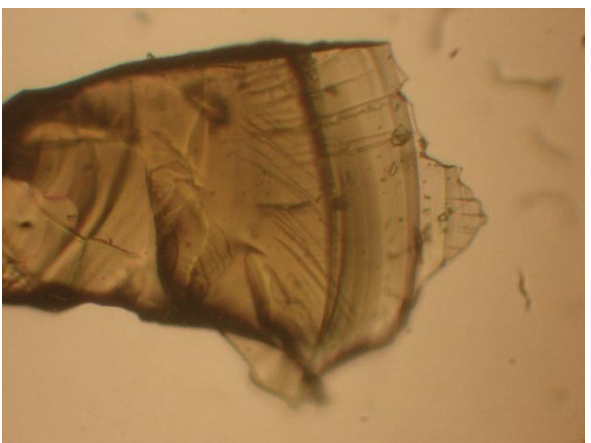


в) однородное стекло

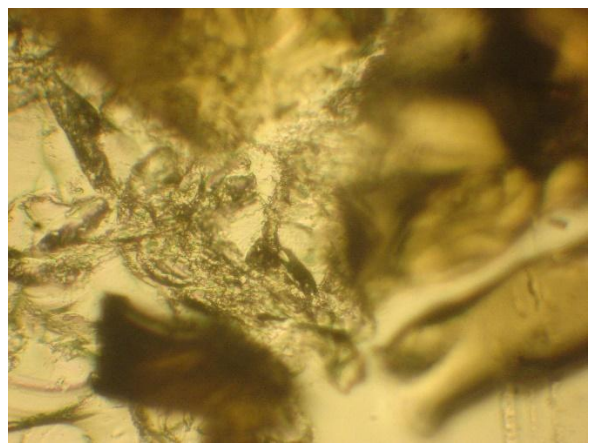


г) стекло с участком ликвации

Состав 1



д) однородное стекло



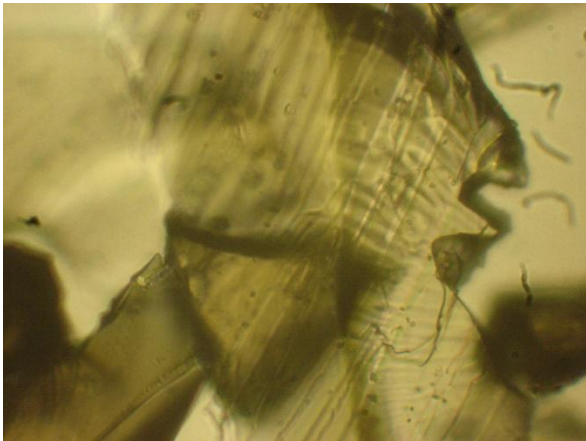
е) стекло с участком ликвации

Состав 2

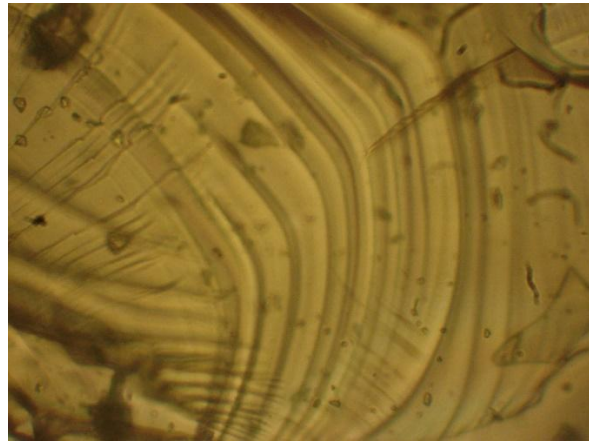
Рис. 1 Степень гомогенизации стекол после выдержки при 1450 °С в течение 4-х часов

Как видно из рис.1 после 4-х часов выдержки расплава при температуре 1450 °С стекла модифицированные V_2O_5 достаточно однородны (в; д), отсутствуют непровары, которые в незначительном количестве встречаются в стеклах из андезито-базальта (б), однако остаются участки ликвации (г, е), причем в стелах состава 2 (е) такие участки немного больше по площади.

«Доваривание» шихты состава 1 в течение 1 часа и состава 2 в течение 3-х часов (рис.2) позволяет практически полностью избавиться от участков ликвации, стекло становится однородным.



Состав 1, выдержка 5 часов



Состав 2, выдержка 7 часов

Рис. 2 Степень гомогенизации стекол после выдержки при 1450 °С

Таким образом, общее время выдержки расплава при температуре 1450 °С составило – 5 часов для состава 1 (6 мас.% V_2O_3) и 7 часов для состава 2 (12 мас.% V_2O_3) в лабораторных условиях.

Температурная зависимость вязкости и кристаллизационная способность практически полностью определяют возможность получения волокон из расплава определенным способом. Результаты определения вязкости представлены в табл.2. В таблице приведены данные по температуре верхнего предела кристаллизации ($T_{впк}$), характеризующей способность расплава к кристаллизации при его охлаждении.

Таблица 2

Температурная зависимость вязкости и температура верхнего предела кристаллизации ($T_{впк}$)

Порода, месторождение, номер пробы	Исследуемые параметры					$T_{впк}$, °С
	Вязкость, дПа с, при T, °С					
	1450	1400	1350	1300	1250	
Андезито-базальт	195	302	562	1047	1820	1240
Состав 1 (6 % V_2O_3)	150	260	455	860	1690	1240
Состав 2 (12 % V_2O_3)	78	127	220	400	820	1240

Кристаллизационную способность расплава оценивали по величине верхнего предела кристаллизации ($T_{впк}$). Исследования показали, что $T_{впк}$ всех составов, как и исходного андезито-базальта составляет 1240 °С, т.о. введение V_2O_3 в количестве до 12 мас.% не влияет на кристаллизационную способность расплавов.

На рис. 3 показана зависимость вязкости от температуры, на рис.4 приведена прямая зависимость логарифма вязкости от обратной температуры.

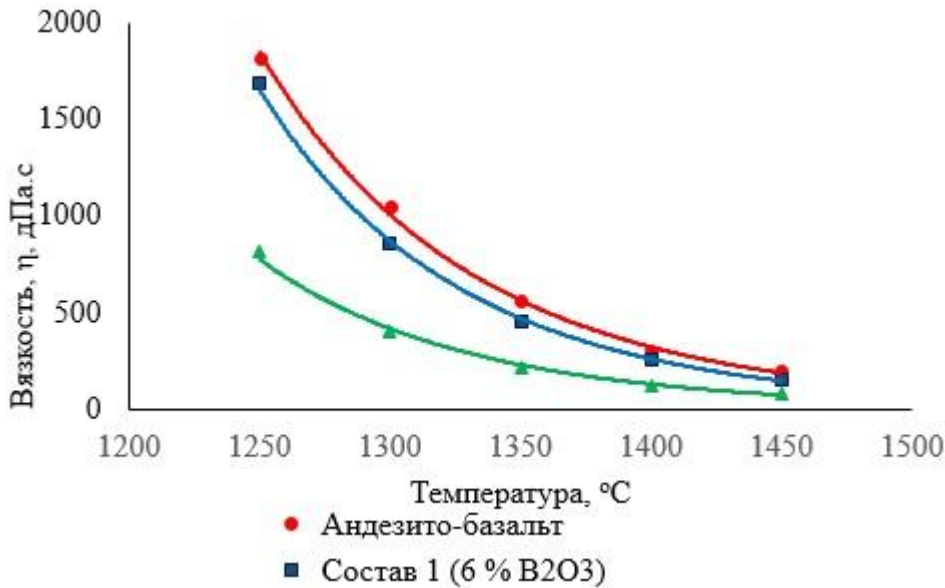


Рис. 3 Температурная зависимость вязкости

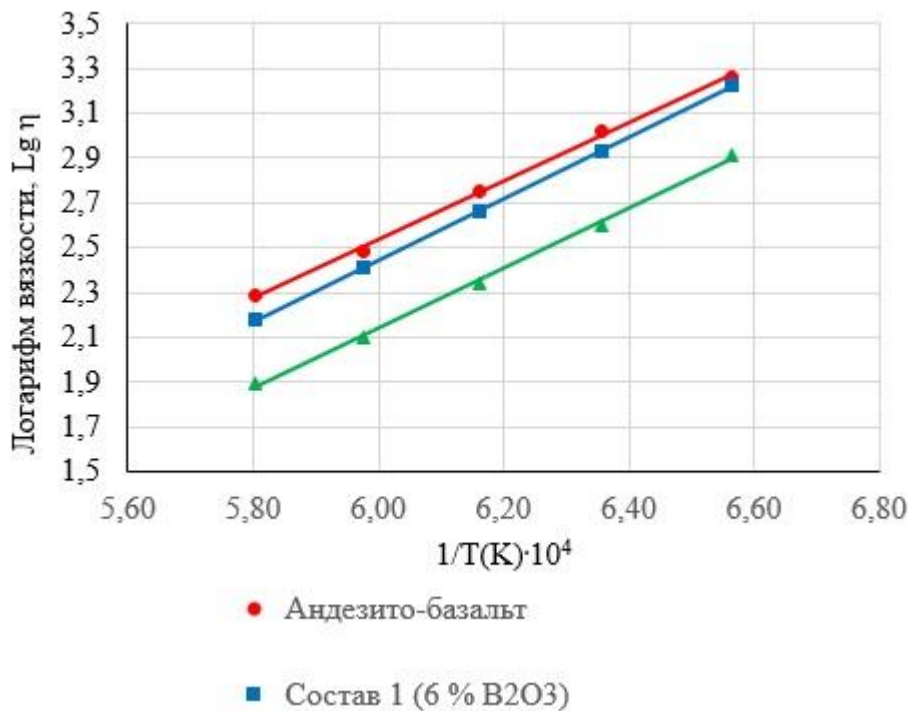


Рис. 4 Зависимость логарифма вязкости от обратной температуры Т, К

Из табл.2 рис.3 и 4 видно, что андезито-базальт образует высоковязкий расплав, согласно классификации приведенной в [25, С.28], после введения добавок оксида бора расплавы становятся вязкими, особенно заметно влияние добавки B_2O_3 в количестве 12 мас.%, более чем в два раза понижающее абсолютные значения вязкости исходного расплава из андезито-базальта.

Вязкость и кристаллизационная способность расплавов в большей степени чем, например, поверхностное натяжение и смачивающая способность влияют на температурный интервал выработки волокон (Ти.в.в.), который является одним из важнейших критериев оценки пригодности горных пород для получения волокон. Температурный интервал выработки (формования) это верхняя и нижняя температурные границы, в пределах которых волокно вырабатывается без обрыва в течение 30 минут и для производства непрерывных волокон температурный интервал выработки должен быть не менее 60-70 °C [25].

Определение температурного интервала выработки заключается в измерении максимальной и минимальной температуры формования волокон при механическом вертикальном вытягивании нити из однофилерного тигля на вращающуюся бобину при которых в процессе получения

волокон отсутствует не только обрывность, но и затекание фильерного поля вследствие высокой смачивающей способности, пульсирование расплава на выходе фильеры, неравномерность по диаметру при данных температуре и уровне расплава в тигле. Результаты исследований по определению температурного интервала выработки волокон (Т.в.в.) и диаметра полученных волокон представлены в таблице 3.

Таблица 3

Температурный интервал выработки непрерывных волокон

Проба, состав	Т.в.в., °С	Диаметр волокна, мкм
диаметр фильеры – 1,8 мм		
Андезито-базальт	1390 - 1450	7,0-10,0
Состав 1 (6 % В ₂ О ₃)	1360-1450	6,5-10,0
Состав 2 (12 % В ₂ О ₃)	1350-1450	6,5-10,0
диаметр фильеры – 2,0 мм		
Андезито-базальт	1380-1450	8,0-11,0
Состав 1 (6 % В ₂ О ₃)	1330-1450	5,6-11,0
Состав 2 (12 % В ₂ О ₃)	1320-1450	6,5-12,0

Введение оксида бора в расплав андезито-базальта расширяет температурный интервал выработки волокон, на (30-40) °С для состава 1 и на (50-60) °С для состава 2 при увеличении диаметра фильеры от 1,8 до 2,0 мм. Значительное расширение Т.в.в. имеет важное значение для возможности использования фильерных питателей с увеличением количества фильерных отверстий по сравнению с используемыми в промышленных условиях (200-400) в настоящее время.

Прочность непрерывных волокон и химическая устойчивость в щелочной и кислотной среде представлены в таблице 4.

Таблица 4

Физико-химические характеристики полученных волокон

Волокно	Характеристики					
	Диаметр, мкм	Средняя прочность, МПа	2NNaOH		2N HCl	
			Стойкость, %	Потеря массы, мг	Стойкость, %	Потеря массы, мг
Андезито-базальт	11,3	1840	77,6	943,0	87,0	523,0
Состав 1 (6% В ₂ О ₃)	10,6	1840	86,5	544,0	73,7	1060
Состав 2 (12 % В ₂ О ₃)	11,4	1850	80,0	780,0	62,0	1510,0

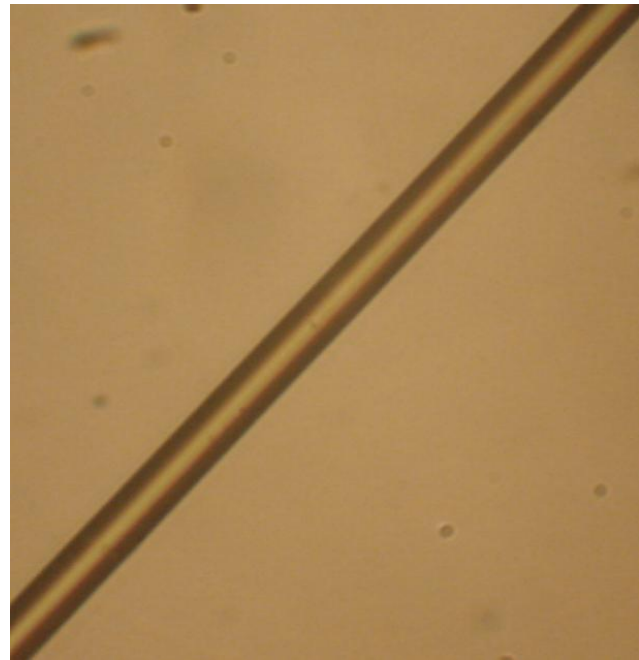
Незначительное увеличение прочности наблюдается для волокон, полученных из расплава андезито-базальта, модифицированного 12 мас.% В₂О₃.

Введение оксида бора в состав волокон увеличивает щелочеустойчивость волокон, для состава 1 на 9 % и 2,4 % для состава 2 по сравнению с исходным андезито-базальтом, при этом значительно снижается кислотоустойчивость, на 13 и 25 % для составов 1 и 2 соответственно.

Микроструктура полученных волокон (диаметр 9 мкм) показана на рис.5. Видно, что волокно модифицированное В₂О₃ имеет более равномерную однородную гладкую поверхность (без видимых микротрещин и кристаллических включений).



волокно из андезито-базальта



волокно из андезито-базальта с добавкой оксида бора B_2O_3

Рис. 5 Микроструктура полученных волокон

Микроморфология и количественный микроанализ полученных непрерывных волокон представлен на рис.6-9 и в табл.5-6.

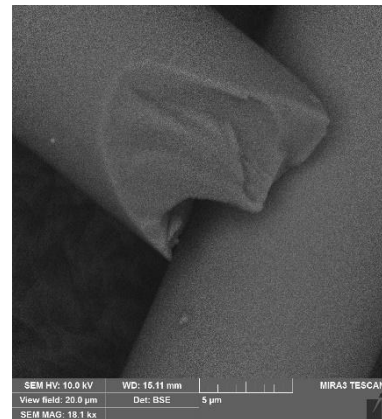
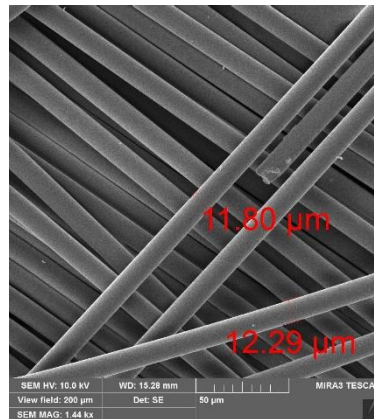
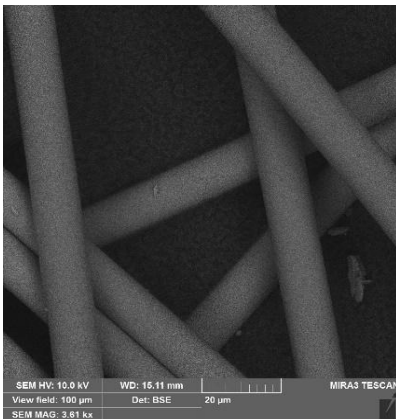


Рис. 6 СЭМ-фотографии базальтовых непрерывных волокон из андезито-базальта

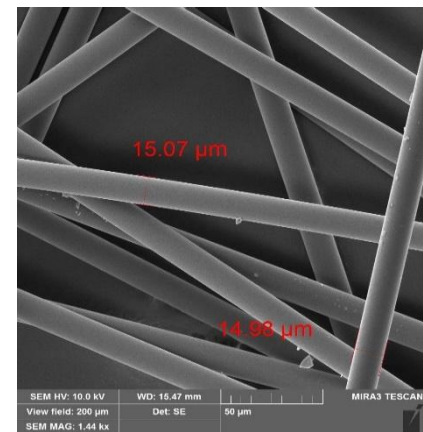
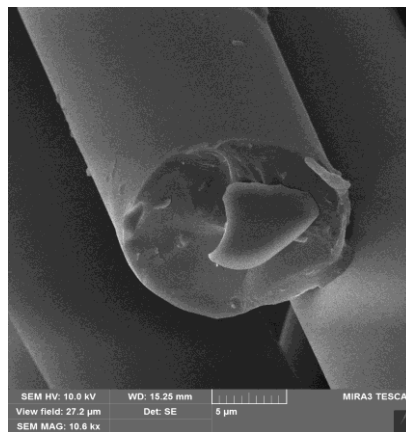
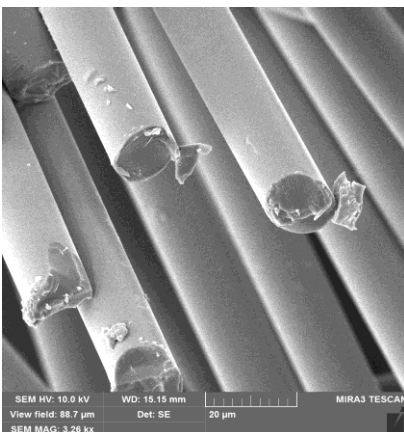


Рис. 7 СЭМ-фотографии базальтовых непрерывных волокон с добавкой B_2O_3 (6 мас.%)

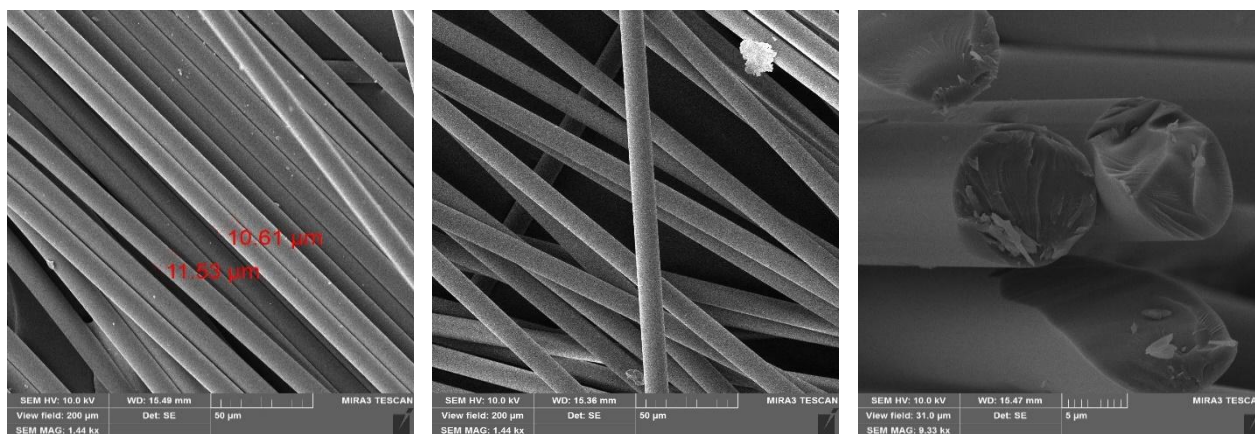
Рис. 8 СЭМ-фотографии базальтовых непрерывных волокон с добавкой B_2O_3 (12 мас.%)

Таблица 5

Выборочный микрозондовый анализ состава базальтовых непрерывных волокон из андезитового базальта и с добавками B_2O_3

Спектр	Химические элементы, %										Всего
	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	B	
Базальтовое непрерывное волокно из андезитового базальта											
1	44,95	2,04	2,62	8,79	24,22	1,53	6,39	0,72	8,74	-	100,00
2	45,17	2,07	2,60	8,88	24,61	1,56	6,51	0,83	7,77	-	100,00
Среднее	45,06	2,06	2,61	8,84	24,42	1,55	6,45	0,78	8,26	-	100,00
Станд. откл.	0,16	0,02	0,01	0,06	0,28	0,02	0,08	0,08	0,69	-	
Базальтовое непрерывное волокно из андезитового базальта с добавкой B_2O_3 (6 мас.%)											
1	46,38	2,02	2,42	8,41	23,07	1,49	6,24	0,65	7,60	1,72	100,00
2	46,57	1,92	2,36	8,15	23,05	1,26	6,04	0,50	8,21	1,94	100,00
Среднее	46,48	1,97	2,39	8,28	23,06	1,38	6,14	0,58	7,91	1,83	100,00
Станд. откл.	0,13	0,07	0,04	0,18	0,01	0,16	0,14	0,11	0,43	0,16	
Базальтовое непрерывное волокно из андезитового базальта с добавкой B_2O_3 (12 мас.%)											
1	46,59	1,65	2,04	7,25	19,90	1,61	7,95	1,23	8,35	3,43	100,00
2	46,81	1,63	1,98	7,15	19,88	1,52	7,75	1,18	8,56	3,54	100,00
Среднее	46,70	1,64	2,01	7,20	19,89	1,57	7,85	1,21	8,46	3,49	100,00
Станд. откл.	0,16	0,01	0,04	0,07	0,01	0,06	0,14	0,04	0,15	0,08	

Таблиця 6

Состав базальтовых непрерывных волокон из андезито-базальта и с добавками B_2O_3

Состав, порода	Оксиды, % мас.									Всего
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	FeO+Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	B ₂ O ₃	
Андезито-базальт	52,23	16,70	4,33	9,03	11,80	2,77	1,86	1,29	-	100,00
Состав 1 (6% B ₂ O ₃)	49,33	15,65	3,97	8,59	11,32	2,66	1,66	0,96	5,90	100,00
Состав 2 (12 % B ₂ O ₃)	42,56	13,56	3,38	11,11	11,99	2,23	1,92	2,04	11,23	100,00

Как видно из табл.5-6, B₂O₃ хорошо распределяется в модифицированном волокне, 5,9 мас.% для состава 1 (введение 6 мас.% B₂O₃) и 11,23 мас.% для состава 2 (введение 12 мас.% B₂O₃).

Измерения плотности потока нейтронов (ППН) были проведены для двух условий облучения образцов, в различных геометриях:

- образцы бетона размещены в изотропном нейтронном поле от Pu-Be источника нейтронов ("простой" нейтронный эксперимент).
- измерения с экранированным детектором, что позволяет учесть влияние отраженных и рассеянных нейтронов ("сложный" нейтронный эксперимент).

В "простом" эксперименте блок детектирования располагался по оси и на высоте расположения источника в контейнере. Расстояние между блоком детектирования и передней стеной контейнера L = 500 мм.

Схема геометрии измерений в "простом" и "сложном" экспериментах приведена на Рисунке 9. Для проведения измерений в "сложном" эксперименте был собран контейнер из нейтрон-стопов (полиэтиленовые блоки с включением бора). Контейнер - это закрытая со всех сторон коробка в виде параллелепипеда размерами (580 × 500 × 300) мм, толщина стенок 70 мм. В одной из стенок контейнера сделано прямоугольное отверстие сечением равным сечению образцов. Внутри контейнера напротив отверстия устанавливался блок детектирования.

Для каждого эксперимента проводилось 10 измерений ППН ф0 без образцов бетона. Измерения проводились для тепловых, а также промежуточных и быстрых нейтронов (блок детектирования с установленной кадмиевой насадкой). Напротив отверстия между блоком детектирования и источником последовательно устанавливались от одного до пяти образцов бетона с каждого набора (R, A, B, C, D).

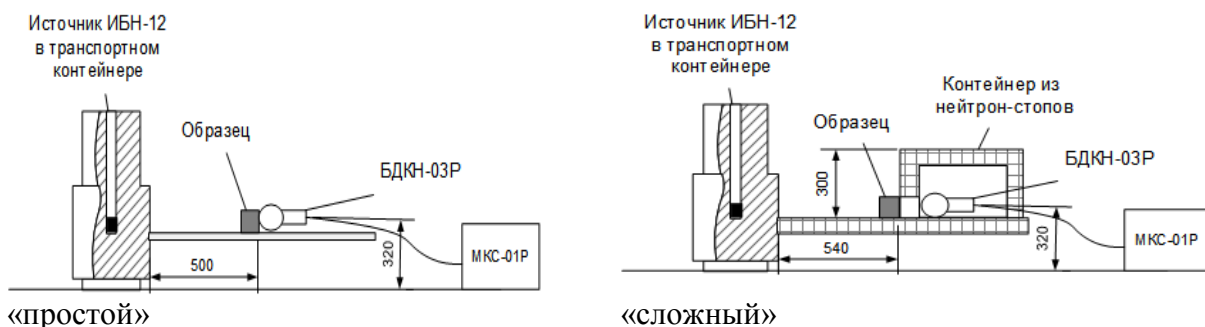


Рис. 9 Схематическое изображение геометрии нейтронных измерений

Результаты проведенных экспериментов были представлены в статье [35] и на конференции FISA 2019 and EURADWASTE '19 conferences in Safety of Reactor System and Radioactive Waste Management [36], где работа была отмечена наградой «За инновационность и высокий научный уровень».

Как следует из результатов нейтронного эксперимента, малые дозы базальт-борной фибры не дают значительного эффекта для защитных свойств бетона от нейтронного излучения (результаты лежат в рамках статистической погрешности).

Большие дозы базальт-борной фибры дают хороший эффект для защитных свойств бетона от нейтронного излучения. В [35] отмечено, что фибра с 12 % B_2O_3 , уже для 10 см бетона уменьшает поток нейтронов на 15 % (с 6 % оксида бора уменьшает на 3 %). Для бетона толщиной 50 см разница в дозировке оксида бора не заметна, оба типа фибры в (2-3) раза уменьшают поток нейтронов для этого случая.

Таким образом: фибру с 6 % оксида бора можно рекомендовать для большой толщины бетонов; фибру с 12 % оксида бора – для малой толщины бетонов.

Выводы

1. В лабораторных условиях получены расплавы из андезито-базальта, модифицированные (с добавками) B_2O_3 (6 и 12 мас.%), время выдержки расплавов при температуре 1450 °С для получения однородных стекол составило от 5 до 7 часов соответственно.

2. При введении добавок оксида бора расплавы становятся менее вязкими, особенно заметно влияние добавки B_2O_3 в количестве 12 мас.%, более чем в два раза понижающее абсолютные значения вязкости исходного расплава из андезито-базальта.

3. Введение оксида бора в расплав андезито-базальта расширяет температурный интервал выработки волокон, на (30-40) °С для состава 1 (6 мас.%) и на (50-60) °С для состава 2 (12 мас.%) при увеличении диаметра фильеры от 1,8 до 2,0 мм.

4. Добавка B_2O_3 в количестве 12 мас.% способствует увеличению прочности модифицированных волокон.

5. Увеличение щелочестойкости волокон до 9 % наблюдается при введении B_2O_3 6 мас.% и 2,4 % при введении B_2O_3 12 мас.%, при этом значительно снижается кислотоустойчивость, на 13 и 25 % для составов 1 и 2 соответственно.

6. Оксид бора B_2O_3 хорошо распределяется в модифицированном волокне, 5,9 мас.% для состава 1 (при введении 6 мас.% B_2O_3) и 11,23 мас.% для состава 2 (при введении 12 мас.% B_2O_3).

7. Проведенные экспериментальные определения поглощения нейтронного излучения показали, что малые дозы базальт-борной фибры не дают значительного эффекта для защитных свойств бетона, а большие дозы базальт-борной фибры ((20-30) кг/м³) дают хороший эффект для защитных свойств бетона от нейтронного излучения. Фибра с 12 % B_2O_3 , уже для 10 см бетона уменьшает поток нейтронов на 15% (с 6% B_2O_3 уменьшает на 3 %). Для бетона толщиной 50 см оба типа фибры в (2-3) раза уменьшают поток нейтронов для этого случая. Фибру с 6 % B_2O_3 можно рекомендовать для большой толщины бетонов; фибру с 12% B_2O_3 - для малой толщины бетонов.

Список использованных источников

1. Гигинейшвили Д. Начало новой эры применения базальтового камня / Д. Гигинейшвили, В. Савенко // Винахідник і раціоналізатор. – 2019, № 1.- С.14-19.
2. Пашенко А.А., Сербин В.П. Армирование цементного камня минеральным волокном.-Киев: УкрНИИТИ, 1970.- 45 с.
3. Пашенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы. 2-е изд. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1985. - 440 с.
4. Бирюкович К.Л., Бирюкович Ю.Л., Бирюкович Д.Л. Стеклоцемент в строительстве. – Киев: Будівельник, 1986.-95 с.
5. Армирование неорганических вяжущих веществ минеральными волокнами / А. А. Пашенко, В. П. Сербин, А. П. Паславская и др. Под ред. А. А. Пашенко. – М. : Стройиздат, 1988. – 200 с.
6. Базальтовые волокна для армирования строительных конструкций/ Рабинович Ф.Н. // Конверсия в машиностроении. - 1999 - №5 - с. 9-12.
7. Рабинович Ф.Н. Стойкость базальтовых волокон в среде гидратирующих цементов / Ф. Н. Рабинович, В.Н. Зуева, Л. В. Макеева. Стекло и керамика, 2001. №12.– С. 12–14.
8. Композиційні матеріали на основі волокон з гірських порід та неорганічних в'язучих. / Глуховський В.В., Свідерський В.А., Ященко О.М, та ін. – К. НАН України, Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича, 2006.-140 с.
9. Харун М., Коротеев Д.Д., Дхар П., Ждеро С., Елроба Ш.М. Физико-механические свойства базальто-волокнистого высокопрочного бетона / Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. Т. 14. № 5. С. 396–403.
10. Bin Wei, Hailin Cao, Shenhua Song. Tensile behavior contrast of basalt and glass after chemical treatment / Materials and Design.-31.-2010.- PP.4244-4250.

11. Zorla E. Radiation shielding properties of high performance concrete reinforced with basalt fibers infused with natural and enriched boron / E.Zorla, C. Ipbüker, A. Biland, M. Kiisk, S. Kovaljov, A.Tkaczyk, V. Gulik // Nuclear Engineering and Design.- 313 (2017).- PP.306–318.
12. Электронный ресурс - <https://www.borax.com/applications/nuclear-energy>.
13. Палеха В.А. Бор.Свойства и применение в ядерной энергетике / В.А. Палеха, А.А.Гетьман // Литье и металлургия. - 3(88), 2017.- С.91-94.
14. Павлушкин Н.М. "Химическая технология стекла и ситаллов" М. Стройиздат, 1977, - 360 с.
15. Мазелев Л.Я. Боратные стекла. Издательство Академии наук БССР. Минск, 1958, 172 с.
16. C. Joo, U. Werner-Zwanziger, J.W. Zwanziger. The ring structure of boron trioxide glass. // Journal of Non-Crystalline Solids 261 (2000) PP.282-286.
17. M. Kodama and S. Kojima. Anharmonicity and fragility in lithium borate glasses. // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 69 (2002) 961-970.
18. Alex C. Hannon, Adrin C. Wright, John A. Blackman, Roger N. Sinclair. The vibrational modes of vitreous B₂O₃: inelastic neutron scattering and modelling studies. Journal of Non-Crystalline Solids 182 (1995).- PP.78-89.
19. J.A. Tossel. Calculation of the structural and spectral properties of boroxol ring and non-ring B sites in B₂O₃ glasses.// Journal of Non-Crystalline Solids 183 (1995).- PP.307-314.
20. M.A. Ramos, J.A. Moreno, S. Vieira, C. Prieto, J.F. Fernandez. Correlation of elastic, acoustic and thermodynamic properties in B₂O₃ glasses.// Journal of Non-Crystalline Solids 221 (1997).- PP.170-180.
21. Tettsuji Yano, Noboru Kunimine, Shuichi Shibata, Masayuki Yamane. Structural investigation of sodium borate glasses and melts by Raman spectroscopy. II. Conversion between BO₄ and BO₂O- units at high temperature.// Journal of Non-Crystalline Solids 321 (2003).- PP.147-156.
22. Tettsuji Yano, Noboru Kunimine, Shuichi Shibata, Masayuki Yamane. Structural investigation of sodium borate glasses and melts by Raman spectroscopy. III. Relation between the rearrangement of super-structures and the properties of glass.// Journal of Non-Crystalline Solids 321 (2003) 157-168.
23. Pernice, S. Esposito, A. Aronne, V.N. Sigaev. Structure and crystallization behavior of glasses in the BaO-B₂O₃-Al₂O₃ system.// Journal of Non-Crystalline Solids 258 (1999) 1-10.
24. Павлушкин Н.М. "Основы технологии ситаллов". Учебное пособие для ВУЗов. М: Стройиздат, 1979.
25. Джигирис Д. Д., Махова М. Ф. Основы производства базальтовых волокон и изделий. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 416 с.
26. Электронный ресурс - <http://www.bavoma.com>
27. Горяинов К.Э., Дубенецкий К.Н., Васильков С.Г., Попов Л.Н. Технология минеральных теплоизоляционных материалов и легких бетонов. – М.: Стройиздат, 1976. – С.531-536.
28. Методика определения температурного интервала плавления горных пород / Махова М.Ф., Бачило Т.М., Томилко Г.Ф. // В сб.: Промышленность полимерных мягких кровельных и теплоизоляционных строительных материалов. – Вып.6.-М., ВНИЭСМ.-1975.
29. Некоторые особенности горных пород и их расплавов, пригодных для получения волокон /Махова М.Ф., Горбачев Г.Ф. и др. //В сб. : Строительные материалы, изделия и санитарная техника, Вып.5 – Киев,1982.
30. Технология стекла /Китайгородский И.И. и др.-М.:Стройиздат.,1967.-623 с.
31. Бонди А. Теория вязкости / Реология / Под ред. Ф.Эйриха. – М.: Высш. Школа, 1980.- С.352.
32. Методика определения температурного интервала выработки непрерывного волокна из горных пород /НИЛБВ ИПМ АН Украины.-К.1990
33. Методика определения прочности при растяжении непрерывных волокон /НИЛБВ ИПМ АН Украины. - Киев. 1989.
34. Зак А.Ф. Физико-химические свойства стеклянного волокна / А.Ф. Зак. - М.: Ростехиздат. 1962 г. - 224 с.

Рецензент:**Баглюк Г.А.**, зам. дир. ПМ НАН України, д.т.н., ст.н.сп.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2019

М.І. Шерман, Я.Б. Самчинська, Н.І. Кужелюк

Херсонський державний університет

**ПРОЕКТУВАННЯ ВЕБ-РЕСУРСУ З ВИВЧЕННЯ ПЛАТФОРМИ ARDUINO ДЛЯ
ІНЖЕНЕРІВ-ПРОГРАМІСТІВ З РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

Стаття присвячена проектуванню освітнього веб-ресурсу з вивчення платформи Arduino як засобу формування професійної компетентності інженерів-програмістів. Моделювання даного веб-ресурсу орієнтовано на систематизацію знань та розвиток навичок конструювання. В ході проектування студенти визначають мету та задачі навчання, аналізують аналоги сайтів з вивчення Arduino, виділяють основні вимоги, проектують інформаційну архітектуру, представляють діаграму прецедентів щодо ролей, характерних для веб-сайту.

Ключові слова: проектування, платформа Arduino, веб-ресурс навчального призначення, інженер-програміст.

М.И. Шерман, Я.Б. Самчинская, Н.И. Кужелюк

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕБ-РЕСУРСА ПО ИЗУЧЕНИЮ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO ДЛЯ
ИНЖЕНЕРОВ-ПРОГРАММИСТОВ С УРОВНЕМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МАГИСТР»**

Статья посвящена проектированию образовательного веб-ресурса по изучению платформы Arduino как средства формирования профессиональной компетентности инженеров-программистов. Моделирование данного веб-ресурса ориентировано на систематизацию знаний и развитие навыков конструирования. В ходе проектирования студенты определяют цели и задачи обучения, анализируют аналоги сайтов по изучению Arduino, выделяют основные требования, проектируют информационную архитектуру, представляют диаграмму прецедентов относительно ролей, характерных для веб-сайта.

Ключевые слова: проектирование, платформа Arduino, веб-ресурс учебного назначения, инженер-программист.

M. Sherman, Y. Samchynska, N. Kuzheliuk

**DESIGNING A WEB RESOURCE FOR STUDYING THE ARDUINO PLATFORM FOR
ENGINEERS-PROGRAMMERS WITH A HIGHER EDUCATION LEVEL "MASTER"**

The article is devoted to the design of an educational Web resource for the study of the platform for Arduino's amateur design as a computer tool for the formation of professional competence of students of specialty 121 "Computer Science", 122 "Software Engineering" at the level of higher education "Master". The simulation of this web resource focuses on the systematization of knowledge and the development of practical design skills in the Arduino hardware computing platform when studying undergraduates of the disciplines "Quality Management of Electronic Educational Resources" and "Information Management Technologies". During the design, students determine the purpose and tasks of learning through electronic educational resources, analyze the existing analogs of the Arduino study sites, distinguish the main groups of requirements, design information architecture, present a precedent diagram for the roles specific to the website for educational purposes.

Keywords: design, Arduino platform, educational resource, programmer engineer.

Постановка проблеми. Інформаційні технології стали необхідними складниками розвитку сучасного освітнього середовища на всіх його рівнях – від учня до управління навчальним закладом і системою освіти. Це пов'язано з тим, що пріоритетним завданням освіти у підготовці фахівців та науковців, конкурентоспроможних на сучасному ринку праці, є вміння оперувати такими технологіями та знаннями, що зможуть задовольнити потреби інформаційного суспільства та здатні підготувати до виконання комплексних задач у майбутньому. Йдеться не тільки про вміння застосовувати набуті знання, а й бути готовими змінюватися та адаптуватися до нових потреб ринку праці, керувати інформацією в освітній та науковій сферах, активно діяти, навчатись упродовж життя. В умовах реформування освіти, змінюється модель вищої освіти, а також роль викладача як учасника навчального процесу. Процес навчання в закладах вищої освіти перетворюється з системи передачі знань на систему їх самостійного здобування слухачами, пошук шляхів розв'язання проблем через дослідницьку діяльність, притаманну моделі навчання рівня вищої освіти «магістр». Студент магістерської програми у процесі навчання поступово стає менеджером свого майбутнього. Але процес розвитку такої особистості потребує постійного оновлення знань та самовдосконалення самого педагога. Саме тому електронні освітні ресурси, які є складовою частиною навчально-виховного процесу, активно використовуються у підготовці студентів рівня вищої освіти «магістр».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для забезпечення якості навчання на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальностей 121 «Комп'ютерні науки» та 122 «Інженерія програмного забезпечення», необхідно враховувати особливості професійного навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти та добирати інноваційні технології проведення занять на засадах особистісно-діяльнісного, компетентісного та системного підходу. Як відмічає О.В. Співаковський, сьогодні в більшості закладів вищої освіти використовуються традиційні підходи в організації професійної освіти, за яких слухач відчуває себе об'єктом педагогічних впливів, що не вимагають його ініціативи, творчості, активізації рефлексії, не сприяють вирішенню цих завдань та не забезпечують належного рівня освіченості, науковості та професіоналізму [1]. Створення педагогічних умов, а саме партнерської діяльності викладача та магістранта, впровадження веб-технологій, інтерактивних форм і методів роботи, оптимізація навчально-виховного процесу для формування професійно важливих якостей, забезпечення у слухачів мотивації до дослідницької та творчої діяльності у кінцевому результаті призводять до досягнення мети – розвитку професійної компетентності інженерів-програмістів з рівнем вищої освіти «магістр».

Використання сучасних веб-технологій дає змогу суттєво розширити інструментарій системи вищої освіти, зокрема, через застосування електронних освітніх ресурсів.

Г.В. Стеценко дає таке визначення освітнім веб-ресурсам: «Це освітні електронні ресурси, що розміщені у веб-просторі локальної чи глобальної мережі у вигляді різних форматів (текстового, графічного, архівного, аудіо- та відеоформатів) [2].

До освітніх веб-ресурсів належать електронні засоби навчання, основою застосування яких є веб-технології. Науковці Р.С. Гуревич, М. Ю. Кадемія, М.М. Козяр [3], М. Шишкіна, М. Попель [4], Г.В. Ткачук [5], Г.М. Кравцов [6], М.І.Шерман [7], М.О. Вінник [8] визначають як інформаційні технології, використання яких дає змогу здійснювати опрацювання та використання веб-ресурсів, (текстових, графічних, звукових, відеоресурсів), зв'язаних між собою гіпертекстовими зв'язками і розміщених у веб-просторі комп'ютерних мереж (локальних чи глобальних).

Г.В. Ткачук вказала на особливості функціонування веб-технологій: технічна основа – локальні та глобальні мережі (типу Інтернет); організація веб-ресурсів у мережі здійснюється за допомогою гіпертекстової технології; перегляд веб-ресурсів здійснюється за допомогою вебоглядача; використання систем пошуку веб-ресурсів; необмежена кількість користувачів, які можуть завантажувати й переглядати веб-ресурси [5].

Р.С. Гуревич, М.Ю. Кадемія, М.М. Козяр класифікували освітні веб-ресурси за метою застосування таким чином: для самостійної роботи студентів чи учнів; з метою підготовки викладача до занять; для самоосвіти педагога; з метою організації практичної роботи на занятті; для організації позаурочної роботи з дисципліни. При цьому науковці виділили такі форми проведення занять у ВНЗ із застосуванням веб-ресурсів: презентація, дослідження, віртуальний експеримент, лабораторна робота, тематичний проект, електронна вікторина, контроль знань, факультатив, мережевий проект, індивідуальне навчання, консультації, мережева гра, віртуальна екскурсія, прес-конференція, творчий звіт, дистанційні олімпіади, телекомунікаційні проекти, веб-квести та ін. Для підвищення кваліфікації викладача учені вказали такі форми: робота в мережевих методичних об'єднаннях, віртуальних педагогічних нарадах, дистанційне навчання, участь у мережних проектах, веб-квестах [3].

Л. Раїцька, Т. Зайцева та інші науковці пов'язують привабливість інтернет-технологій для сфери освіти з тим, що вони створюють середовище, яке сприяє розвитку творчих здібностей студентів завдяки стимулюванню допитливості, нерегламентованості й багатоваріантності навчання, формуванню й розвитку дивергентного (нестереотипного) мислення, зростанню мотивації [9], [10], [15].

В умовах комп'ютеризації закладів вищої освіти використання електронних ресурсів, зокрема сайтів навчального призначення, електронних підручників, відеолекцій спрямовано на підвищення рівня професійної підготовки студентів [8].

Проте, розвитку професійних компетентностей майбутніх інженерів-програмістів, що здобувають освітній ступінь «магістр» в умовах сучасного університету притаманні такі основні суперечності:

– недостатнє врахування у змісті навчальних дисциплін «Управління якістю електронних освітніх ресурсів» та «Управління інформаційними технологіями» потреб напрямку,

за яким здійснюється підготовка майбутніх магістрів зі спеціальностей 121 «Комп'ютерні науки» та 122 «Інженерія програмного забезпечення»;

— реалізація у процесі викладання цих дисциплін лише загально розвиваючої функції, при цьому покращення навичок проектування та розробки програмних продуктів в підготовці майбутніх ІТ-фахівців залишається другорядною задачею;

— недостатньо чітко виявлена мотивація для науково-дослідницької та творчої діяльності студентів, що проходять навчання в рамках магістерської програми.

Вирішення окреслених суперечностей, на нашу думку, можливо за умови систематизації знань та розвитку практичних навичок конструювання веб-ресурсів в умовах апаратної обчислювальної платформи Arduino при вивченні магістрантами дисциплін «Управління якістю електронних освітніх ресурсів» та «Управління інформаційними технологіями».

Постановка завдань. Сучасний стан комп'ютерно-інформаційної підготовки студентів спеціальностей 121 «Комп'ютерні науки» та 122 «Інженерія програмного забезпечення» не в повному обсязі забезпечує вимоги їхньої майбутньої наукової та професійної діяльності. Незважаючи на значну кількість наукових праць і публікацій, в яких висвітлюються питання використання електронних освітніх ресурсів у навчанні, недостатньо вирішені питання розробки навчальних веб-ресурсів, спрямованих на підвищення якості професійної підготовки студентів комп'ютерних спеціальностей та студентів-програмістів, що здобувають рівень вищої освіти «магістр».

В роботі поставлено мету використати електронні освітні ресурси на прикладі проектування веб-сайту для вивчення платформи Arduino як засобу формування й розвитку професійної компетентності майбутніх магістрів по спеціальностям 121 «Комп'ютерні науки» та 122 «Інженерія програмного забезпечення».

Викладення основного матеріалу. Згідно з робочою програмою дисципліни «Управління якістю електронних освітніх ресурсів», що викладається у Херсонському державному університеті, студенти магістерської програми здобувають знання та практичні навички роботи з Arduino — апаратною обчислювальною платформою для аматорського конструювання. Основними компонентами зазначеної платформи є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є підмножиною C/C++. Arduino управляє датчиками, електродвигунами, освітленням, передає і приймає дані і виступає важливим програмно-технічним засобом в світі робототехніки [11], [12].

Навчальна тема «Проектування та моделювання веб-ресурсу навчального призначення для вивчення платформи Arduino», що викладається в межах курсу «Управління інформаційними технологіями» спрямована на узагальнення теоретичних знань та розвитку практичних навичок магістрантів по конструюванню в програмному середовищі Arduino. До завдань, що ставляться перед студентами в ході вивчення даної теми, відносяться:

- пошук та систематизація інформації щодо роботи на платформі Arduino;
- скласти словник термінів та категорій, пов'язаних з даним програмним середовищем;
- знайти практичні завдання, що навчають конструювати в Arduino;
- знайти або розробити тести для перевірки засвоєних знань по роботі в Arduino;
- об'єднати знайдені інформаційно-бібліотечні ресурси в єдину інформаційну систему навчального призначення, що забезпечить оперативний доступ до навчальних матеріалів студентам дистанційного курсу навчання або користувачам, які вивчають робототехніку.

Перед початком проектування освітнього веб-ресурсу викладач пропонує студентам розглянути наявні аналогічні навчальні веб-ресурси, що стосуються робототехнічних систем, в тому числі Arduino, провести їх порівняльний аналіз та зробити певні висновки. В основному такі сайти орієнтовані на навчання не тільки дітей і студентів, а й дорослих, які цікавляться робототехнікою. Результат такої навчальної діяльності показано на прикладі досліджень, здійснених студентами Херсонського державного університету (табл. 1).

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика веб-ресурсів, що містять навчально-довідкову інформацію по роботі в платформі Arduino

Веб-ресурс	Функціонал	Форми викладення навчальних матеріалів	Опис функцій Arduino	Відео уроки	Приклади використання Arduino	Завдання для закріплення матеріалу
Edurobots	Зручна навігація. Швидкий доступ до купівлі потрібних елементів, присутній блок коментарів	В лекціях присутні схеми та код	-	+	+	-
Arduino.ru	Зручна навігація, швидкий пошук по сайту, є особовий кабінет	Детально розповідається як почати роботу з Arduino	+	-	+	-
habr	Є особовий кабінет, присутній блок коментарів	В основі лекції приклади використання Arduino в житті	-	+	+	-
Arduino	Є особовий кабінет, швидкий пошук по сайту, зручна навігація	Об'єм теорії малий. На сайті є перелік книг для розширення знань	-	-	+	-
Arduino.ua	Швидкий пошук по сайту, зручна навігація	На сайті є тільки покрокова інструкція для встановлення програми	+	-	-	-

В табл. 1 наведено порівняльну характеристику таких основних інформаційних ресурсів, в яких розповідається про платформу Arduino:

1. Edurobots;
2. Arduino.ru;
3. habr;
4. Arduino;
5. Arduino.ua.

Для порівняння інформаційних ресурсів навчального призначення щодо платформи Arduino було обрано такі критерії:

- функціонал ресурсу;
- форми викладення навчальних матеріалів;
- опис функцій Arduino,
- наявність відеоуроків (відеолекцій),
- наявність прикладів використання Arduino,
- наявність завдань для закріплення навчального матеріалу.

Магістранти розглянули кожен із зазначених програмних продуктів, та в ході навчальної дискусії із викладачем зробили висновки, що дані інформаційні ресурси мають як переваги, так і певні функціональні недоліки.

Зокрема, *Edurobots* найкраще підходить для навчання робототехніці дітей та студентів. Інформаційний веб-ресурс містить лекції з необхідним матеріалом, проте відсутній перелік операторів, змінних та констант, функцій і бібліотек. На ресурсі викладені курси лекцій з «Raspberry Pi», «Робототехніка на VEX IQ» та інші цікаві матеріали з робототехніки.

Arduino.ru - на сайті детально розповідається, як почати роботу з Arduino, але немає відеоуроків. Відсутність можливості візуально, з допомогою відеоуроків, розглянути методику роботи в Arduino студенти віднесли до недоліків навчального веб-ресурсу. Перевагою ресурсу є наявність повного переліку операторів, змінних, констант та функцій.

Habr- основою для лекцій даного веб-ресурсу стали приклади використання Arduino в житті. Студенти відмітили це як явну перевагу ресурсу, адже використання прикладів допомагає користувачу одразу дізнатися, як і де можна застосувати той чи інший пристрій.

Arduino – даний сайт містить тільки вступну лекцію по Arduino, далі наводиться список книг для поглиблення знань. На думку студентів, це демонструє дуже обмежені можливості використання даного ресурсу в навчальних цілях.

Arduino.ua– на сайті наводиться детальна, «крок за кроком» інструкція для встановлення програмного забезпечення Arduino, а також надається повний перелік операторів, змінних та констант, функцій і бібліотек.

Висновки, зроблені студентами в результаті аналізу функціональності інформаційних ресурсів, що містять відомості про платформу Arduino:

- у всіх розглянутих сайтах було виявлено загальний недолік – відсутність завдань для закріплення матеріалу. В курсах дистанційного навчання це основа для перевірки знань та самоконтролю, усунення саме цього недоліку студенти планують враховувати при проектуванні власного сайту навчального призначення.
- тільки 40% розглянутих сайтів містять відеоуроки.

Веб-ресурс навчального призначення з вивчення платформи Arduino проектується як єдина точка доступу до ресурсів і сервісів, що є інтегруючим з'єднанням інформаційної системи, в якій можна виділити такі ресурси навчально-довідкового характеру, як лекції, завдання для лабораторних робіт, тести контролю, приклади робіт на Arduino, нові публікації про Arduino, новини та додаткові посилання на ресурси Інтернету.

«Практичним» кроком при створенні магістрантами веб-ресурсу з вивчення Arduino є проектування інформаційної архітектури, тобто організація і систематизація всієї інформації на сайті в зручному і зрозумілому вигляді. Студенти розбивають веб-ресурс на розділи з логічно обґрунтованими заголовками «на папері», а потім приступають до візуальної архітектури, тобто безпосередньо до створення графічного оформлення і зручної навігації.

Студенти ознайомлюються з критеріями створення сайту:

- чітка організаційна структура і отримання необхідної інформації найкоротшим шляхом (правило «трьох кліків»);
- колірна гамма сайту ніколи не повинна виходити за рамки зручності в сприйнятті кольору і бути ненав'язливою;
- змістовне інформаційне наповнення [13], [14].

Розроблена студентами в ході вивчення дисципліни «Управління якістю електронних освітніх ресурсів» інформаційна структура сайту включає наступні розділи:

- лекції,
- лабораторні роботи,
- тестові завдання,
- словник термінів,

— новини.

На головній сторінці сайту наводиться опис вищезазначених розділів, що дає користувачеві можливість легко в них зорієнтуватися. З головної сторінки також здійснюється перехід та доступ до всіх розділів сайту.

Розділ «Лекції» містить певну кількість підрозділів з темами лекційних занять.

Розділ «Лабораторні роботи» містить кількість підрозділів з темами лабораторних занять до кожної лекції.

Аналогічно, розділ «Тестові завдання» містить теми з тестовими завданнями. Підбір інформаційних джерел для контенту веб-ресурсу пов'язаний з навчальними матеріалами для ознайомлення з платформою Arduino.

Розділ «Словник термінів» містить список нових та незрозумілих категорій до кожної теми.

Розділ «Новини» відображає інформацію про нові можливості Arduino та прилади, які можна створювати на даній платформі [16].

Для збору статистичної інформації про відвідувачів сайту та його розділів, студентам пропонується використовувати програму Google Analytics. Це безкоштовний програмний додаток-лічильник відвідуваності веб-ресурсів.

Користування веб-сайтом проектується в межах трьох ролей:

1. Викладач – має широкі можливості роботи над сайтом, такі як додавання навчальних матеріалів, їх видалення або редагування, а також оцінювання студентів, участь в обговоренні на форумах і чатах, відправка особистих повідомлень учасникам курсу.

2. Студент – має певні обмеження, зокрема може тільки переглядати вже викладений матеріал, брати участь в обговоренні на форумах і лекціях та відсилати особисті повідомлення іншим зареєстрованим користувачам.

3. Гість – може лише переглядати вже викладений матеріал.

На рис. 1 подано діаграму прецедентів щодо ролей, характерних для веб-сайту навчального призначення з вивчення Arduino, складену студентами.



Рис. 1. Діаграма прецедентів, складена студентами в ході проектування веб-сайту з вивчення платформи Arduino

Отже, організація навчання на засадах особистісно-діяльнісного, компетентісного підходів, що передбачає залучення магістрантів до розв'язування задач проектування та програмування інформаційних ресурсів, а також створення умов співпраці викладача та студента забезпечує ефективне формування професійно важливих якостей майбутніх інженерів-програмістів та ІТ-фахівців.

Висновки. Розвитку професійних компетентностей майбутніх інженерів-програмістів, що здобувають освітній ступінь «магістр» в умовах сучасного університету притаманні такі суперечності, як: недостатнє врахування у змісті навчальних дисциплін потреб напрямку, за яким здійснюється підготовка майбутніх магістрів зі спеціальностей 121 «Комп'ютерні науки» та 122 «Інженерія програмного забезпечення»; реалізація у процесі викладання цих дисциплін лише загальнорозвивальної функції, при цьому покращення навичок проектування та розробки програмних продуктів в підготовці майбутніх ІТ-фахівців залишається другорядною задачею; недостатньо чітко виявлена мотивація для науково-дослідницької та творчої діяльності студентів, що проходять навчання в рамках магістерської програми.

Вирішення окреслених суперечностей можливо за умови систематизації знань та розвитку практичних навичок конструювання веб-ресурсів при вивченні магістрантами дисциплін «Управління якістю електронних освітніх ресурсів» та «Управління інформаційними технологіями».

В якості комп'ютерного засобу формування професійної компетентності студентів спеціальності 121 «Комп'ютерні науки», 122 «Інженерія програмного забезпечення» рівня вищої освіти «магістр» запропоновано використовувати проектування освітнього веб-ресурсу з вивчення апаратної обчислювальної платформи для аматорського конструювання Arduino.

В ході проектування студенти визначають мету та задачі навчання за допомогою електронних освітніх ресурсів, аналізують існуючі аналоги сайтів по вивченню Arduino, виділяють основні групи вимог, проектують інформаційну архітектуру, представляють діаграму прецедентів щодо ролей, характерних для веб-сайту навчального призначення. Застосування даної теми у навчально-виховному процесі Херсонського державного університету спрямоване на розвиток професійної компетентності майбутніх інженерів-програмістів завдяки активному впровадженню нових освітніх технологій, використанню можливостей інформаційного простору, а також партнерству педагога й слухача.

Подальшого дослідження потребують питання особливостей збереження даних в навчальному веб-ресурсі, що проектується, структурі бази даних, підтримки роботи в браузерях та мобільних пристроях.

Список використаних джерел:

1. Співаковський О.В., Федорова Я.Б., Глущенко О.О., Кудас Н.А. Управління інформаційними технологіями вищих навчальних закладів: навч. посіб. / - Видання третє, доп. – Херсон: Айлант, 2010. – 302 с.
2. Стеценко Г.В. Методика застосування навчальних веб-ресурсів до навчання вчителів інформатики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 "теорія та методика викладання (інформатика)." / Стеценко Г. В. – Київ, 2010.
3. Гуревич Р.С. Інформаційно-комунікаційні технології в професійній освіті : монограф. / Р.С. Гуревич, М.Ю. Кадемія, М.М. Козяр. – Львів: Сполом, 2012.
4. Шишкіна М. Формування хмарного навчального середовища для вивчення навчальних дисциплін з математики за допомогою SAGEMATHCLOUD (вказівки). [Електронний ресурс] / М. Шишкіна, М. Попель // Інформаційні технології в освіті 1 (26), 148 - 165. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://ite.kspu.edu/home>.
5. Ткачук Г.В. Методика використання освітніх веб-ресурсів у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики : монографія / Г.В. Ткачук. – Умань : Видавець «Сочінський», 2011. С.25.
6. Кравцов Г.М. Методи та технології моніторингу якості електронних освітніх ресурсів / Г. М. Кравцов. // Праці семінару CEUR. – 2015.
7. Самчинська Я.Б., Шерман М.І. Інформаційні технології: практичний курс. Навчальний посібник. - Херсон, 2018. Режим доступу: <https://drive.google.com/open?id=14oTatMdu4hNBSJgmHowVVm9BBSVLO8NV>
8. Samchynska, Y., Vinnyk, M. Specific features of educational software promotion at Ukrainian market. Actual problems of economic. №7 (157), 2014. - С. 534-540.
9. Раицкая Л.К. Дидактические и психологические основы применения технологий Веб 2.0. в высшем профессиональном образовании : монограф. / Л. К. Раицкая. – М. : МГОУ, 2011. – С.65.
10. Samchynska Y., Vinnyk M. Decision Making in Information Technologies Governance of Companies. CEUR-WS, Vol. 1844, 2017. p. 96-110. Proceedings of the 13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (ICTERI 2017), Kyiv, Ukraine, May 15-18, 2017.
11. Апаратна платформа Arduino [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://arduino.ru>.
12. Кузнецов М., Симдянов І. Голишев С. PHP 5. Практика створення Web-сайтів. – К., 2007.

13. Афонин В.Л. Интеллектуальные робототехнические системы: курс лекций / В.Л. Афонин, В.А. Макушкин. - М.: Интернет-Ун-тИнформ. Технологий, 2009. – 199 с.
14. Самчинська Я.Б. Методи оцінки ефективності й контролю інформаційних систем і технологій компаній у викладанні дисципліни «Управління інформаційними технологіями». Інформаційні технології в освіті: зб. наук. праць. – Херсон, 2014. – №21. – С.67-77.
15. Zaytseva T. The Introduction of the Competence-based Approach in Educational Process of Training of Skippers. In: 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Kyiv, Ukraine, CEUR-WS, Vol.1614, 2016,p. 687-699.
16. Конюх В.Л. Основы робототехники: учеб. пособие для вузов по направлениям подготовки 220300 «Автоматизация технол. процессов и пр-в» и 220400 «Мехатроника и робототехника» / В.Л. Конюх - Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 282 с.

Рецензенти:

Шишко Л.С., доцент кафедри інформатики, програмної інженерії та економічної кібернетики Херсонського державного університету, кандидат технічних наук, доцент.

Зайцева Т.В., доцент кафедри інформаційних технологій, комп'ютерних систем і мереж Херсонської державної морської академії, кандидат педагогічних наук, доцент.

Стаття надійшла до редакції 27.08.2019

**ДО УВАГИ КОРЕСПОНДЕНТІВ!
ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ТА ПОДАННЯ СТАТЕЙ**

1. **Наукова стаття обов'язково повинна мати наступні необхідні елементи:** постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті; виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку.
2. **Статтю можна подавати українською, російською, або англійською мовою.** Стаття повинна бути набрана у текстовому редакторі не нижче MS WORD 97/03. Нумерацію сторінок не виконувати. Обсяг статті від 5-9 сторінок.
3. Параметри сторінки: верхнє, нижнє та лівє поле – 2 см, праве поле 2,5 см. Від краю до колонтитула верхнього – 1,25 см, нижнього – 1,25 см.
4. Шапка статті: індекс УДК, ініціали та прізвища авторів розміщується на один абзац нижче шрифтом 11 пт, назва організації – набираються з нового рядка шрифтом Time New Roman Cyr розміром 11 пт з одинарним міжрядковим інтервалом і вирівнюються по центру. Назва статті розміщується на один абзац нижче назви організації, набирається шрифтом Time New Roman Cyr розміром 11 пт з напівжирним виділенням і вирівнюється по центру.
5. **Анотації** українською, російською мовами набираються з абзацного відступу шрифтом Time New Roman Cyr розміром 9, курсив, напівжирний 300-500 друкованих знаків з одинарним міжрядковим інтервалом і вирівнюються по ширині; англійською мовами розширена анотація 700-1000 друкованих знаків.
6. Нижче анотацій обов'язково вказуються ключові слова шрифтом Time New Roman Cyr, курсив, напівжирний 9 пт.
7. Основний текст розміщується на 1 см нижче анотацій, набирається з абзацного відступу 1 см шрифтом Time New Roman Cyr розміром 11 пт з одинарним міжрядковим інтервалом і вирівнюється по ширині.
8. Для набирання формул застосовувати редактор формул MS WORD (використовувати шрифти: Symbol, Time New Roman Cyr; розміри шрифтів: звичайний 12 пт, крупний індекс 7 пт, дрібний індекс 5 пт, крупний символ 18 пт, дрібний символ 12 пт). Формула вирівнюється по центру і не повинна займати більше 5/6 ширини рядка.
9. Якщо в статті присутні ілюстрації, необхідно розташовувати їх по тексту, вирівнюючи підписи (*Рис. 1. Схема ...*) по ширині з абзацного відступу 1 см. Другий екземпляр ілюстрації необхідно подати на окремому листі. Ілюстрації повинні бути чіткими та контрастними.
10. Таблиці розташовувати по тексту, причому їх ширина повинна бути на 1 см менша ширини рядка. Над таблицею поставити її порядковий номер (*Таблиця 1*) вирівнюючи по правому краю, під яким розмістити назву таблиці вирівнюючи по центру.
11. Література подається загальним списком в кінці рукопису згідно з вимогами ДСТУ 8302:2015 через 1 см від останнього рядка.
12. Статті надіслати електронною поштою за такою адресою: notatki@ukr.net
13. До статті додається дві рецензії: зовнішня і внутрішня. Редакція залишає за собою право направляти статті на додаткову рецензію.
14. В кінці статті обов'язково вказуються ПІБ, посаду, науковий ступінь, вчене звання рецензентів статті.
15. Рукописи, що не відповідають вище вказаним вимогам, не розглядаються і до друку не приймаються.

До статті обов'язково додаються у письмовому вигляді відомості про авторів:

Прізвище, Ім'я, По-батькові

Місце роботи, посада, науковий ступінь, вчене звання

Наукові інтереси

Назва статті та особисті підписи усіх авторів

Адреса для листування, телефон

Довідки з питань публікації та прийому матеріалів у збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ» можна отримати у відповідального секретаря – Савюка Ігоря Віталійовича за тел. (0332) 262519.

Адреса: 43018, м. Луцьк, вул. Потебні, 56, к. 34.

Автор статті отримує 1 примірник збірника. **Вартість друку** однієї сторінки становить 50 грн. Рахунок виставляється після підтвердження редакційною колегією про прийняття статті до друку.

До уваги авторів. Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ» (за галузями знань «Технічні науки») згідно наказу МОН України № 528 від 12.05.2015 р. затверджено як наукове фахове видання України, в якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Збірник входить у науково метричну базу РИНЦ.

Редколегія повідомляє, що планова періодичність друку збірника чотири випусків на рік.

P.S. Без авторської довідки, матеріали редакційною колегією не розглядаються.

ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ

УДК: 620.179.16

І.І. Іванов¹, П.П. Петров²

Луцький національний технічний університет¹

Тернопільський національний технічний університет²

**НАБЛИЖЕНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ОСІ КОНОІДА, ПРЕДСТАВЛЕНОГО ДИСКРЕТНИМ
КАРКАСОМ ТВІРНИХ**

Розроблено алгоритм наближеного визначення осі коноїда, представленого дискретним каркасом спільних твірних.

Ключові слова: вісь коноїда, дискретний каркас, твірна.

И.И. Иванов, П.П. Петров

**ПРИБЛИЖЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСИ КОНОИДА, ПРЕДСТАВЛЕННОГО
ДИСКРЕТНЫМ КАРКАСОМ ОБРАЗУЮЩИХ**

Разработан алгоритм приближенного определения оси коноида, представленного дискретным каркасом обшивки образующих.

Ключевые слова: ось коноида, дискретный каркас, образующая.

I. Ivanov, P. Petrov

**AXIS APPROXIMATE DEFINITION OF CONOID DESCRIBED BY THE SET OF STRAIGHT
LINES**

The algorithm of axis approximate definition of conoid described by the set of straight lines is made. The approximate conoid axis is a line. Conoid is created by straight lines.

Keywords: conoid axis, discretely carcass of straight lines.

Постановка проблеми. На коноїді, представленому дискретним каркасом твірних, можна побудувати безліч плоских і просторових.....

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наскільки відомо автору з.....

Постановка завдань. В роботі поставлено мету – розробити алгоритм....

Викладення основного матеріалу. Для наближеного визначення осі використовувалася така властивість коноїдів: усі твірні поверхні перетинають її вісь [1].

$$Y_j = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^n Y_{ji}, \quad (1)$$

де K -

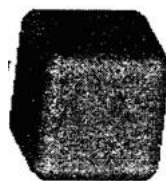


Рис. 1. Назва рисунка

Таблиця 1.

Назва таблиці

№п/п	Фактори		Функції відгуку	
	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂

Висновки. В статті розроблено алгоритм наближеного....

Список використаних джерел:

1.

ШБ, посада, науковий ступінь, вчене звання рецензентів статті.

Ціна договірна

Колектив авторів

Наукові нотатки

**Міжвузівський збірник
(за галузями знань «Технічні науки»)
Випуск 67**

Комп'ютерний набір та верстка: І.В. Савюк
Збірник друкується в авторській редакції

Наклад **300 прим.**

Адреса редакції: 43018, м. Луцьк, вул. Потебні, 56.

Редакційно-видавничий відділ
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75.
Свідоцтво Держкомтелерадіо України ДК № 4123 від 28.07.2011