

ISSN 2307-5732

DOI 10.31891/2307-5732

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

5.2019

ВІСНИК

Хмельницького

національного

університету

Технічні науки

Technical sciences

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2019, Issue 5, Volume 277

Хмельницький

**ВІСНИК
ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
серія: Технічні науки**

Затверджений як фахове видання (перереєстрація)
Наказ МОН 04.07.2014 № 793

Засновано в липні 1997 р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2019, № 5 (277)

**Засновник і видавець: Хмельницький національний університет
(до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)**

Включено до науково-метричних баз:

Google Scholar	http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=aIUP9OYAAAAAJ
Index Copernicus	http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&id_lang=3
РИНЦ	http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37650
Polish Scholarly Bibliography	https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221

Головний редактор	Скиба М. Є. , д.т.н., професор, заслужений працівник народної освіти України, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, ректор Хмельницького національного університету
Заступник головного редактора	Синюк О. М. , д.т.н., професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету
Голова редакційної колегії серії "Технічні науки"	Бойко Ю.М. , д.т.н., професор кафедри телекомунікацій та радіотехніки, начальник науково-дослідної частини Хмельницького національного університету
Відповідальний секретар	Гуляєва В. О. , завідувач відділом інтелектуальної власності і трансферу технологій Хмельницького національного університету

Ч л е н и р е д к о л е г і ї

Технічні науки

Березненко С.М., д.т.н., **Бойко Ю.М.**, д.т.н., **Говорущенко Т.О.**, д.т.н., **Гордєєв А.І.**, д.т.н., **Грабко В.В.**, д.т.н., **Диха О.В.**, д.т.н., **Захаркевич О.В.**, д.т.н., **Злотенко Б.М.**, д.т.н., **Зубков А.М.**, д.т.н., **Каплун П.В.**, д.т.н., **Карташов В.М.**, д.т.н., **Кичак В.М.**, д.т.н., **Мазур М.П.**, д.т.н., **Мандзюк І.А.**, д.т.н., **Мартинюк В.В.**, д.т.н., **Мельничук П.П.**, д.т.н., **Місяць В.П.**, д.т.н., **Мясіщев О.А.**, д.т.н., **Нелін Є.А.**, д.т.н., **Павлов С.В.**, д.т.н., **Параска О.А.**, к.т.н., **Прохорова І.А.**, д.т.н., **Рогатинський Р.М.**, д.т.н., **Горошко А.В.**, д.т.н., **Сарібекова Д.Г.**, д.т.н., **Семенко А.І.**, д.т.н., **Славінська А.Л.**, д.т.н., **Сорокати Р.В.**, д.т.н., **Харжевський В.О.**, д.т.н., **Шинкарук О.М.**, д.т.н., **Шклярський В.І.**, д.т.н., **Щербань Ю.Ю.**, д.т.н., **Ясній П.В.**, д.т.н., професор, **Бубулєс Альгімантас**, доктор наук (Литва), **Елсаєд Ахмед Ельнашар**, доктор наук (Єгипет), **Кальчинські Томаш**, доктор наук (Польща), **Коробко Євгенія Вікторівна**, д.т.н. (Білорусія), **Лунтовський Андрій Олегович**, д.т.н. (Німеччина), **Матушевський Мацей**, доктор наук (Польща), **Мушлевський Лукаш**, доктор наук (Польща), **Мушял Януш**, доктор наук (Польща), **Натріашвілі Тамаз Мамієвич**, д.т.н., (Грузія), **Попов Валентин**, доктор природничих наук (Німеччина)

<i>Технічний редактор</i>	Горященко К. Л., к.т.н.
<i>Редактор-коректор</i>	Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 12 від 26.06.2019 р.**

Адреса редакції: редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"
Хмельницький національний університет
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, Україна, 29016

т	(038-2) 67-51-08	web:	http://journals.khnu.km.ua/vestnik
e-mail:	visnyk.khnu@gmail.com		http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 9722 від 29 березня 2005 року

© Хмельницький національний університет, 2019
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2019

ЗМІСТ

МАШИНОЗНАВСТВО ТА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ В МАШИНОБУДУВАННІ

М. Є. СКИБА, Н. М. СТЕЧИШИНА, Н. К. МЕДВЕДЧУК, М. С. СТЕЧИШИН, В. В. ЛЮХОВЕЦЬ БЕЗВОДНЕВЕ АЗОТУВАННЯ У ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ	7
Ю. В. БАТЫГИН, С. А. ШИНДЕРУК, Е. А. ЧАПЛЫГИН, А. А. КОРЯК, А. В. ДОВГИЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ИНДУКТОРНАЯ СИСТЕМА С ВНЕШНИМ БИФИЛЯРНЫМ СОЛЕНОИДОМ. РАСЧЁТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ	13
Ю. В. САВИЦЬКИЙ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГЛИБОКОГО ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТОЧНИХ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «СТАКАН». ЧАСТИНА 1	19
Р. В. АМБАРЦУМЯНЦ, С. А. РОМАШКЕВИЧ, А. П. ЛИПИН КИНЕТОСТАТИКА ГРУППЫ АССУРА ЧЕТВЕРТОГО КЛАССА ВТОРОГО ПОРЯДКА С ОДНОЙ ПОСТУПАТЕЛЬНОЙ ПАРОЙ	24
О. І. МАЛАКОВ, С. А. БУРЛАКА, Ю. О. МИХАЛЬОВА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ЗМІШУВАЧІВ	30

ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

А. Л. СЛАВІНСЬКА ПІВСТОЛІТТЯ ОСВІТНЬО-НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ І КОНСТРУЮВАННЯ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ	34
С. Г. КУЛЕШОВА ПЕРЦЕПТИВНИЙ ПІДХІД ДО ОЗНАК ВІЗУАЛІЗАЦІЇ В МОДЕЛЮВАННІ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ ОДЯГУ	40
О. М. ЛУЩЕВСЬКА, Л. В. БУХАНЦОВА, Л. В. КРАСНЮК, О. М. ТРОЯН, О. Й. ЯНЦАЛОВСЬКИЙ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ АДАПТИВНОГО БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ОДЯГУ	47
А. Л. СЛАВІНСЬКА О. П. СИРОТЕНКО ЗАСТОСУВАННЯ ФРАКТАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ В ОРНАМЕНТАХ УКРАЇНСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ВИШИВКИ	57
І. О. ЗАСОРНОВА, О. С. ЗАСОРНОВ, В. С. КОСТЮК ВИБІР ВИДІВ АПЛІКАЦІЙ ДЛЯ ОЗДОБЛЕННЯ КОЛЕКЦІЇ «READY TO RAIN», ВИКОНАНОЇ В СТИЛІ SPORTCASUAL	64
Е. А. ЕЛЬНАШАР, О. В. ЗАХАРКЕВИЧ, А. В. СЕЛЕЗНЬОВА, С. Г. КУЛЕШОВА ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ БАЗИ ДАНИХ ОДЯГУ МЕДИЧНОГО ПЕРСОНАЛУ	70
О. М. ДОМБРОВСЬКА, В. В. МИЦА ПЕРЕДПРОЕКТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМЕНОГО ОДЯГУ КУХАРІВ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА	77
Л. В. КРАСНЮК, О. М. ТРОЯН, О. О. ЮЗЮК ПРОЕКТУВАННЯ ОДЯГУ З РУКАВОМ ПОКРОЮ РЕГЛАН З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ СТАТИЧНОЇ ВІДПОВІДНОСТІ	81

А. Л. СЛАВІНСЬКА, О. П. СИРОТЕНКО, Т. В. ПАШКО ФОРМУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ УНІВЕРСАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ШТАНІВ НА ОСНОВІ АНТРОПОМЕТРИЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ КОНСТРУКТИВНИХ ЗОН	88
О. А. ДІТКОВСЬКА АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД РИНКУ ДИТЯЧОГО ЗИМОВОГО ОДЯГУ ВІДОМИХ БРЕНДІВ	92
М. О. КУЩЕВСЬКИЙ, Ю. В. КОШЕВКО ВПЛИВ РІДИННО-АКТИВНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	99
О. П. КИЗИМЧУК, Л. М. МЕЛЬНИК, М. Ю. ГУСАР, А. А. ЛАТИШОВА ВЛАСТИВОСТІ ТРИКОТАЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ КОМПРЕСІЙНИХ ВИРОБІВ	103
О. В. ПАХОЛЮК, Г. О. ПУШКАР, І. С. ГАЛИК, Б. Д. СЕМАК ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ БІОСТІЙКОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ ЦЕЛЮЛОЗОВІСНИХ МАТЕРІАЛІВ	109
Т. А. НАДОПТА, І. Т. СОЛТИК, О. А. МИХАЙЛОВСЬКА ПРИНЦИПИ АНАЛІТИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ БАЗОВОЇ ОСНОВИ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХУ ВЗУТТЯ	114
Т. М. ЛИПСЬКИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРЕСИВНИХ 3D ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ВЗУТТЯ ЗА ІНДИВІДУАЛЬНИМ ЗАМОВЛЕННЯМ	120
Н. В. ПЕРВАЯ, О. А. АНДРЕЄВА, І. І. ЛОШКАРЬОВА СУЧАСНІ ТРЕНДИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ РІДИННОГО ОЗДОБЛЕННЯ ШКІРИ	126
С. О. БУЗИНА, І. О. СІДАК ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ КОСМЕТИЧНИХ МИЙНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВОЛОССЯ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ СУДОВО-ТОВАРОЗНАВЧИХ ЕКСПЕРТИЗ	134
Т. В. ІВАНІШЕНА, О. О. ІВАНІШЕНА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БЕЗПЕЧНОСТІ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	142
РАДІОТЕХНІКА, ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ	
О. С. ПИВОВАР, В. Д. БИДЮК, Я. В. ВЕРЖБИЦЬКИЙ МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДУ НЕЛІНІЙНОЇ РЕАКЦІЇ У СЕГМЕНТОВАНИХ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЯХ	147
І. І. ЧЕСАНОВСЬКИЙ, А. В. ТКАЧУК ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОГЕРЕНТНО-ІМПУЛЬСНИХ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕМЕНТАРНИХ КОДІВ	152
Т. М. МАНСУРОВ, Г. И. ГУЛИЕВА, Э. Т. МАНСУРОВ РАЗРАБОТКА ФОТОННОГО ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПОТОКА КВАНТОВ И МЕТОДА РАСЧЕТА ЕГО ПАРАМЕТРОВ	159
О. В. ОСАДЧУК, В. В. МАРТИНЮК, Т. І. СИДОРУК, М. В. ЄВСЄЄВА СЕНСОР НА ОСНОВІ ГЕТЕРОМЕТАЛІЧНОЇ КОМПЛЕКСНОЇ СПОЛУКИ КУПРУМУ(II) З N,N'-БІС(САЛЦИЛІДЕН)ТІОСЕМИКАРБАЗИДОМ	169
О. О. РУБАНЕНКО, В. П. ЯНОВИЧ, І. О. ГУНЬКО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ПОШКОДЖЕННЯ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ	176
Л. В. КАРПОВА1, О. О. БОЙКО, І. І. ЧЕСАНОВСЬКИЙ МОДЕЛЮВАННЯ НВЧ ПРИСТРОЇВ І АНТЕН В ЗАДАЧАХ ЇХ АНАЛІЗУ, СИНТЕЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ	180

О. В. МАЗУРЕЦЬ МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО ФОРМУВАННЯ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ	189
О. В. ОСАДЧУК, Л. В. КРИЛИК, О. О. СЕЛЕЦЬКА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МІКРОЕЛЕКТРОННОГО ВИМІРЮВАЧА ВОЛОГОСТІ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ	195
В. І. ЛУЖАНСЬКИЙ, Л. В. КАРПОВА, Т. С. ШЕВЧУК ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОТУЖНОСТІ СИГНАЛУ НА ВХОДІ ПРИЙМАЧА МОБІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ВІД ПАРАМЕТРІВ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНО МОЖЛИВОГО РАДІУСА ЗОНИ ВПЕВНЕНОГО ПРИЙОМУ В МЕРЕЖІ LTE	199
О. В. МАЗУРЕЦЬ, О. Ю. ТИМУШ, А. П. ФЕДОРКО ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ТЕМАТИЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ	203
І. С. ПЯТІН, В. В. МІШАН, О. О. КУХАРЕЦЬ СИСТЕМА ЗВ'ЯЗКУ З QPSK МОДУЛЯЦІЄЮ І СИНХРОНІЗАЦІЄЮ НЕСУЧОЇ	211
В. Т. КОНДРАТОВ ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ: МАГНИТОПОЛЕВАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ И ИНФОРМАЦИИ СКВОЗЬ МАТЕРИАЛ ИЛИ ВЕЩЕСТВО. ЧАСТЬ 8. ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПРОВОДЯЩИХ И СЛАБО ПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ	218
В. С. ПЕТРУШАК РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБУ ПОШУКУ МАКСИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ДЛЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	230
В. І. СТЕЦЮК, В. В. МЕДВЕДЬ ПРОЕКТУВАННЯ СУЧАСНИХ ШИРОКОСМУГОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ	235
В. О. ПАРХОМЕНКО, В. П. РОЙЗМАН, А. В. ГОРОШКО АКУСТИКО-ЕМІСІЙНИЙ МЕТОД НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ І ПРОГНОЗУВАННЯ МІЦНОСТІ КОМПАУНДОВАНИХ КОНДЕНСАТОРІВ	239
Д. Ю. ЗУБЕНКО, О. Н. ПЕТРЕНКО, В. О. ОРЛОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ЗОВНІШНЬОГО ВЕНТИЛЯТОРА ОХОЛОДЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОДВИГУНІ ВИСОКОЇ НАПРУГИ	243
Л. О. КОВТУН, Р. ФРАНЧУК, В. М. ТКАЧУК ВИБІР АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ	248
А. С. СВЕРСТЮК, О. А. БАГРІЙ-ЗАЯЦЬ, А. Б. ГОРКУНЕНКО, З. В. МАЙХРУК, О. В. МОЙСЕЄНКО РОЗРОБКА КІБЕРФІЗИЧНИХ БІОСЕНСОРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	252
К. Л. ГОРЯЩЕНКО, О. В. ШЕВЧУК ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖ В СТАНДАРТІ TMN	258
ОБМІН ПРАКТИЧНИМ ДОСВІДОМ, ТЕХНОЛОГІЯМИ ТА ОБГОВОРЕННЯ	
О. О. РУБАНЕНКО, В. П. ЯНОВИЧ, А. А. ВИДМИШ АНАЛІЗ РОБОТИ ВДЕ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ТА ШЛЯХИ КОМПЕНСАЦІЇ ЇХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ	264

О. В. BURYKIN, J. V. MALOHULKO, K. O. POVSTIANKO OPTIMIZATION OF CONNECTION SCHEMES AND OPERATING MODES FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES IN LOCAL ELECTRIC SYSTEMS	270
Р. В. ХИНЕВИЧ, Д. Є. ЄРМОЛЕНКО, О. Л. ЯВОРСЬКИЙ ВІЗУАЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ЯК СПОСІБ ПРОСУВАННЯ ВЛАСНОЇ ФОТОТВОРЧОСТІ ТА ВЗАЄМОДІЇ З АУДИТОРІЄЮ	275
С. Л. БУКОЄМСЬКИЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНУВАННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ПАРКІВ ТЕХНІКИ ДПСУ	281
Ю. П. ЗАСПА СИЛЬНА, СЛАБКА ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СКЛАДОВІ МАСИ ЕЛЕКТРОНА, ПРОТОНА ТА НЕЙТРОНА, РОЗРАХОВАНІ ЗА УМОВИ ВИРІВНЮВАННЯ ВІДПОВІДНИХ ЕЛЕКТРОЗАРЯДОВИХ ТА МАГНІТНОЗАРЯДОВИХ РАДІУСІВ ЦИХ ПСЕВДОЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК	288
О. І. ХИЖАН, В. К. БУХТІЯРОВ, Л. О. КОВШУН МЕТОДОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ З ДИСЦИПЛІНИ ФІЗИЧНА І КОЛОЇДНА ХІМІЯ	291
В. І. БУЛЬБА, С. В. МИХАЛКІВ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ ТЯГОВОГО РЕДУКТОРА ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ	296

О.І. МАЛАКОВ, С.А. БУРЛАКА, Ю.О. МИХАЛЬОВА
Вінницький національний аграрний університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ЗМІШУВАЧІВ

В статті систематизовано і узагальнено методи проектування змішувального обладнання та інтенсифікації процесів змішування, вирішені завдання, пов'язані з методологічними засадами пошуку шляхів підвищення інтенсивності та ефективності робочих процесів змішувальних машин. Встановлено, що вони вимагають уточнення і подальшого вдосконалення існуючих методик розрахунку змішувального обладнання з використанням перспективних фізико-технічних ефектів. Обґрунтовано вплив змішувальних силових факторів на зміну траєкторії руху виконавчих органів вібраційної технологічної системи, що дозволяє прогнозувати поведінку завантаження та мінімізувати кількість кінематичних ланок у системі. Вивчені напрями розвитку конструкцій енергозберігаючих та високопродуктивних вібраційних приводів машин для реалізації дроблення, різання, перемішування, очищення поверхневого покриву та розділення неоднорідних систем в процесах харчових і переробних виробництв. Досліджено динамічні моделі вібраційних приводів з комбінованим кінематичним віброзбудженням, отримано аналітичні залежності для оцінки кінематичних, силових та енергетичних характеристик колівальних систем, що дозволило здійснити вибір та обґрунтування раціонального способу віброзбудження для технологічних машин механічної дії на сировину. Проаналізовані математичні моделі, що найбільш часто використовуються при вивченні кінетики процесів змішування за допомогою функції розподілу часу перебування (РЧП) досліджуваного компонента в апараті по кривим відгуку на характер опору. Визначена адекватність розглянутих моделей змішання реальним фізичним процесам, що відбуваються в перемішувальних пристроях, шляхом нанесення перевірених даних на розрахункові криві при ступінчастому введенні індикатора. При розробці та аналізі математичних моделей були використані наближені дані про можливі величини деяких параметрів рівнянь моделі, проведена корекція моделі.

Ключові слова: змішування, динамічні моделі, математичне моделювання, вібраційні машини.

O.I. MALAKOV, S.A. BURLAKA, Y.O. MIKHALIOVA
Vinnytsia National Agrarian University

MATHEMATICAL MODELLING AND BASICS OF CONSTRUCTION OF VIBRATION MIXERS

The article systematizes and generalizes the methods of designing mixing equipment and the intensification of mixing processes, solved the problems associated with the methodological principles of finding ways to increase the intensity and efficiency of the working processes of mixing machines. It was established that they require clarification and further improvement of existing methods for calculating mixing equipment using promising physical and technical effects. The effect of mixing force factors on the change in the path of the executive bodies of the vibration technological system, which allows to predict the loading behaviour and minimize the number of kinematic links in the system, is substantiated. The directions of development of the designs of energy-saving and high-performance vibration drives of machines for the implementation of crushing, cutting, mixing, cleaning the surface cover and separation of heterogeneous systems in the processes of food and processing industries are studied. The dynamic models of vibration drives with combined kinematic vibration excitation are investigated. Analytical dependences are obtained for assessing the kinematic, power and energy characteristics of vibration systems, which made it possible to select and justify a rational method of vibration excitation for technological machines for mechanical impact on raw materials. Mathematical models are analysed, and they are most often used when studying the kinetics of mixing processes using the residence time distribution (RTD) function of the component under study in the response curves of the nature of the resistance. The certain adequacy of the considered mixing models for real physical processes occurring in mixing devices by applying verified data to the calculated curves with the stepwise introduction of the indicator. When developing and analysing mathematical models, approximate data on the possible values of some parameters of the model equations were used, and the model was corrected.

Key words: dynamic model, dynamic model, mathematical model, automatic machine.

Вступ

Узагальнення і аналіз методів проектування змішувального обладнання і інтенсифікації процесів змішування показують, що вирішені далеко не всі завдання, пов'язані з методологічними засадами пошуку шляхів підвищення інтенсивності та ефективності робочих процесів змішувальних машин. Зокрема, вимагають уточнення і подальшого вдосконалення існуючих методик розрахунку змішувального обладнання з використанням перспективних фізико-технічних ефектів, наприклад, вібрації, а також ряд приватних завдань з проектування першочергових важливих елементів конструкцій.

Як узагальнений метод пошуку нових технічних рішень в даний час використовують метод системного аналізу для вивчення складних технічних систем і процесів. Під системним аналізом мається на увазі вся методологія процесу вироблення і прийняття рішень у проблемних ситуаціях, коли операції аналізу і синтезу тісно перетинаються. В процедуру системного аналізу технічної системи входять етапи: формулювання мети, аналіз проблеми і структури технічної системи, аналіз закономірностей і тенденції історичного розвитку, складання моделей і розробка розгорнутого плану досліджень, вибір критеріїв порівняння тощо.

Мета і задачі роботи

Метою дослідження є зменшення енерговитрат та підвищення продуктивності операцій вібраційних змішувачів, перемішування, механічного розділення неоднорідних систем на основі математичного аналізу

досліджуваних процесів та обладнання, визначення перспективних напрямів підвищення їх ефективності, обґрунтування науково технічних основ конструювання вібраційних змішувачів.

Методи моделювання процесів змішування. Основні завдання, що стоять перед конструкторською службою: вибір конструктивної схеми змішувача; визначення його геометричних і кінематичних параметрів; розрахунок потужності, споживаної в процесі змішування; визначення часу перемішування (або продуктивності змішувача). Вибір конструктивної схеми змішувача пов'язаний з формулюванням вимог до режиму роботи (циклічний, безперервний). Геометричні і кінематичні параметри в основному визначаються необхідною продуктивністю по випуску готової продукції.

При вивченні кінетики процесу змішування гомогенних або гетерогенних середовищ, у визначенні споживаної потужності головною роллю відіграють експериментальні дослідження, що дозволяють встановити найпростіші досліди, на основі яких можна формулювати закони, що керують досліджуваним явищем, і записати їх у вигляді деяких математичних співвідношень. Вони включають такі методи: 1 – заснований на аналізі структури потоків за допомогою функції розподілу часу перебування (РЧП) частинок суміші в корпусі змішувача; 2 – механіка суцільних середовищ з використанням детермінованих або стохастичних підходів; 3 – ентропійно-інформаційний; 4 – емпіричний (феноменологічний); 5 – фізичного моделювання; 6 – статистичний; 7 – оптимального планування [1, 2].

Нижче представлені деякі математичні моделі, найбільш часто використовувані в хімічній технології під час вивчення кінетики процесів змішування за допомогою функції розподілу часу перебування (РЧП) досліджуваного компонента в апараті по кривим відгуку на характер опір.

Модель ідеального витіснення. Відповідно до цієї моделі приймається:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = -v \frac{\partial c}{\partial \tau},$$

де C – концентрація досліджуваного компонента, v – швидкість потоку матеріалу, τ – час [3–5].

Характер відгуку на ступінчатий $F(\tau)$ і імпульсний $C(\tau)$ опір показані на рис. 1.

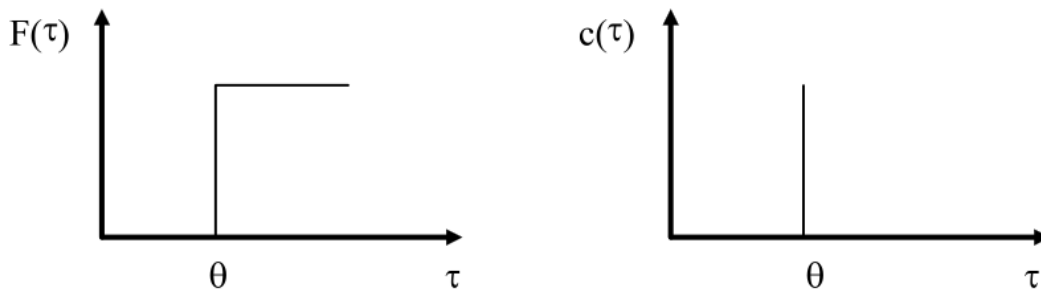


Рис. 1. Відгук на типовий опір

Модель ідеального змішування. Відповідно до цієї моделі приймається рівномірний розподіл досліджуваного компонента в усьому обсязі змішаного матеріалу:

$$\frac{dc_{\text{вих}}}{d\tau} = \frac{V_c}{V} (C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}})$$

де $C_{\text{вх}}, C_{\text{вих}}$ – відповідно концентрація досліджуваного компонента на вході і виході зі змішувача;

V_c, V , – відповідно об'ємна швидкість потоку і обсяг змішувача.

Характер відгуку на ступінчатий $F(\tau)$ і імпульсний $C(\tau)$ опір показані на рис. 2.

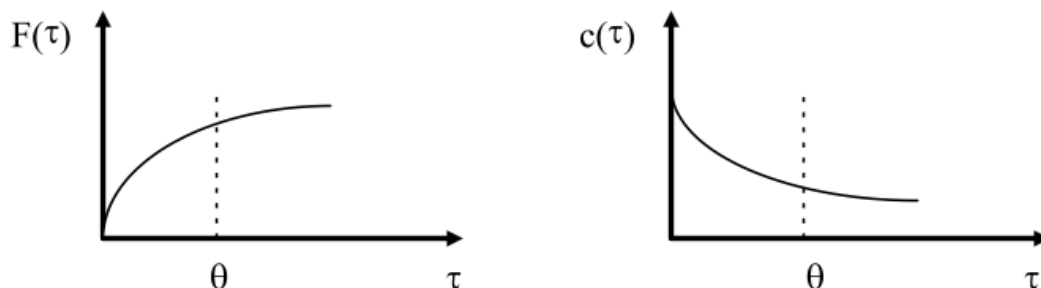


Рис. 2. Відгук на типовий опір

Очевидно, що моделі ідеального змішування відповідає аперіодична ланка і функція відгуку має вигляд:

$$C(\tau) dt = \frac{V_c}{V} e^{-V_c \tau / V} d\tau = \frac{e^{-\tau/\bar{\tau}}}{\bar{\tau}} d\tau,$$

де $\bar{\tau} = \frac{V_c}{V}$ – середній час перебування досліджуваного компонента в змішувачі [6, 7].

Дифузійна модель змішання. Розрізняють два типи моделей: однопараметричні і двопараметричні. Їх основою є модель ідеального витіснення поєднана з процесом перемішування, який підпорядковується формальним законом дифузії. При використанні даних моделей приймаються такі припущення: зміна концентрації досліджуваного компонента є безперервною функцією координати. Концентрація його в перерізі постійна, об'ємна швидкість потоку і коефіцієнти перемішування не змінюються по перетину змішувача.

При таких припущеннях моделі описуються рівняннями:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = -v \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad \text{и} \quad \frac{\partial c}{\partial \tau} = -v \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{D_R}{R} * \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial c}{\partial R} \right),$$

де D_L, D_R – коефіцієнти подовжнього і поперечного змішування; R – певний лінійний розмір.

В ході дослідного визначення коефіцієнтів перемішування їх представляють у вигляді безрозмірних комплексів – критеріїв Пекле:

$$Pe_L = \frac{D_L}{vL}; Pe_R = \frac{D_R}{vL}.$$

Якщо $Pe \rightarrow 0$, дифузійна модель переходить в модель ідеального витіснення; при $Pe \rightarrow \infty$ – в модель ідеального змішування.

У змішувачах безперервної дії на підставі дифузійних моделей при різній інтенсивності змішування С-криві апроксимуються нормальним або гаусовським розподілом. Зв'язок між дисперсією σ^2 і Pe_L задається рівнянням $\sigma^2 = 2 \frac{D_L}{vL}$. Характер відгуку на ступінчастий $F(\tau)$ і імпульсний $C(\tau)$ опір представлено на рис. 3.

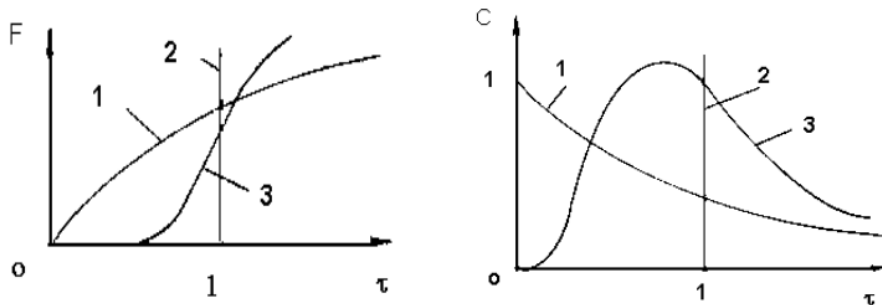


Рис. 3. Відгук на типовий опір:

а) дифузійні моделі: 1 – ідеального змішування; 2 – ідеального витіснення; 3 – проміжна; б) осередкова модель: 1) число осередків $m = 1$; 2) $m = \infty$; 3) m приймає проміжні значення

Осередкова модель. Основою моделі є уявлення про ідеальне перемішування в межах осередків (мішалок) з'єднаних послідовно або паралельно і відсутності перемішування між ними. Параметром, що характеризує модель, служить число осередків m . Математичний опис осередкової моделі складається з m лінійних диференціальних рівнянь першого порядку:

$$\frac{1}{m} * \frac{dc_i}{d\tau} = \frac{1}{\tau_n} (c_{i-1} - c_i),$$

де $i = 1, 2, 3, \dots$

Осередковою моделлю оцінюють функцію розподілу в послідовно з'єднаних змішувачах, які здійснюють інтенсивне перемішування, абсорбційних і екстракційних колонах, апаратах з псевдозрідженими шарами. Різновидом осередкової моделі є модель зі зворотним потоком, в якій враховується наявність зворотного потоку між осередками. Зв'язок між розподілом по С-кривій і числом осередків визначається рівнянням:

$$C = \frac{c}{c_0} = \frac{m\theta^{m-1}}{(m-1)!} e^{-m\theta}$$

При $m > 10$ достатню для практичних розрахунків точність дає вираз:

$$\sigma^2 = \frac{1}{m} = 2 \frac{D_L}{vR}.$$

Осередкова модель при $m = 1$ переходить в модель ідеального змішування, при $m \rightarrow \infty$ – в модель

ідеального витіснення. Характер відгуку на ступеневий $F(\tau)$ і імпульсний $C(\tau)$ опір представлені на рис. 3 [8, 9].

Висновок

Адекватність розглянутих моделей змішання реальним фізичним процесам, що відбуваються в перемішувачих пристроях, найчастіше встановлюється шляхом нанесення перевірених даних на розрахункові криві при ступінчастому введенні індикатора. Оскільки при розробці математичних моделей використовуються наближені дані про можливі величини деяких параметрів рівнянь моделі, виникає необхідність корекції моделі. Корекція моделі проводиться на реальних фізичних лабораторних і напівпромислових моделях. Перехід до інших масштабів здійснюється за допомогою методів фізичного моделювання.

Не всі реальні процеси вдається описати за допомогою розглянутих вище моделей. У цих випадках використовують комбіновані моделі, що складаються з послідовно і (або) паралельно з'єднаних перерахованих вище моделей. Комбінованою моделлю може бути описаний практично будь-який складний процес, проте його моделювання значно ускладнюється через громіздкість рівнянь, що утворюються, і складності їх рішень.

Література

1. Повідайло В.О. Вібраційні процеси та обладнання / В.О. Повідайло. – Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2004. – 248 с.
2. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / А.П. Бабичев, И.П. Бабичев. – Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 1999. – 620 с.
3. Цуркан О.В. Комбінований вібраційний змішувач / О.В. Цуркан, І.М. Кесарчук // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 1(53). – С. 114-115.
4. Sarang O. Effects of powder cohesion and segregation on pharmaceutical mixing and granulation: dissertation of doctor of philosophy : 05.2003 / O. Sarang. – USA: New Jersey, 2016. – P. 1–8.
5. Баранецька О.Р. Вібраційне змішування сумішей сипучих матеріалів / О.Р. Баранецька // Машинознавство. – 2000. – № 3 (33). – С. 60–63.
6. Берник М.П. Віброімпульсний привод нового вібраційного змішувача / М.П. Берник, О.В. Цуркан, Л.Д. Величко // Вібрації в техніці та технологіях. – 2001. – № 2(18). – С. 3–7.
7. Пат. На корисну модель 115132 Україна (UA), МПК B01F 11/00. Вібровідцентровий змішувач / В.П. Янович, І.П. Паламарчук, Ю.О. Михальова ; заявник і патентовласник Янович В.П. – Заявл. 25.07.2016 ; опубл. 10.04.2017, Бюл. No 7. – 5 с.
8. Григоренко Ю.В. Математичні моделі та узагальнення математичного опису процесів первинної переробки сирих вуглеводнів [Електронний ресурс] / Ю.В. Григоренко // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2014. – Режим доступу : http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Itmm_2014_4_2_13.pdf.
9. Погосов А.Ю. Моделирование физических процессов и технологическая информатизация в нефтяной промышленности и энергетике : монография / А.Ю. Погосов, С.А. Положаенко, Ю.В. Григоренко. – Одесса : Наука и техника, 2013. – 656 с.

References

1. Povidaylo V.O. Vibration processes and equipment / V.O. Povidaylo. – Lviv : Publishing House of Lviv Polytechnic National University, 2004. – 248 p.
2. Babichev A.P. Fundamentals of Vibration Technology / A.P. Babichev, I.P. Babichev. – Rostov-on-Don : Publishing center of DSTU, 1999. – 620 p.
3. Tsurkan O.V. Combined vibrating mixer / O.V. Zurkan, I.M. Kesarchuk // Vibrations in Engineering and Technology. – 2009. – No 1 (53). – P. 114–115.
4. Sarang O. Effects of powder cohesion and segregation on pharmaceutical mixing and granulation: dissertation of doctor of philosophy : 05.2003 / O. Sarang. – USA: New Jersey, 2016. – P. 1–8.
5. Baranetska O.R. Vibrational mixing of mixtures of bulk materials / O.R. Baranetska // Mechanical Engineering. – 2000. – No 3 (33). – P. 60–63.
6. Bernik M.P. Vibration impulse drive of a new vibration mixer / M.P. Bernik, O.V. Zurkan, L.D. Velichko // Vibrations in Engineering and Technology. – 2001. – No 2 (18). – P. 3–7.
7. Pat. For utility model 115132 Ukraine (UA), IPC B01F 11/00. Vibration centrifugal mixer / V.P. Yanovich, I.P. Palamarchuk, Y.O. Mikhaliova ; the applicant and the patent owner Janovich V.P. – Statement. 25.07.2016 ; publ. 10/04/2017, Bul. No. 7. – 5 p.
8. Grigorenko Y.V. MATHEMATICAL MODELS AND GENERALIZATION OF THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PROCESSES OF PRIMARY PROCESSING OF CRUDE CARBON [Electronic resource] / Y.V. Grigorenko // MNATMET. – 2014. – Resource access mode: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_201.pdf
9. Pogosov A.Y. Modeling of physical processes and technological informatization in the oil industry and energy: a monograph / A.Y. Pogosov, SA Polozhaenko, Y.V. Grigorenko. – Odessa : Science and Technology, 2013. – 656 p.

Рецензія/Peer review : 21.06.2019 р.

Надрукована/Printed : 23.07.2019 р.
Рецензент: д.т.н., проф. В.Ф. Малаков

ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

DOI 10.31891/2307-5732-2019-277-5-34-39
УДК 687.05

А.Л. СЛАВІНСЬКА
Хмельницький національний університет

**ПІВСТОЛІТТЯ ОСВІТНЬО-НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДРИ
ТЕХНОЛОГІЇ І КОНСТРУЮВАННЯ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ
ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Наведені пам'ятні дати історії кафедри технології і конструювання швейних виробів. Представлені складові конкурентоздатності освітніх технологій кафедри на основі єдності теорії і практики в організації навчального процесу.

Ключові слова: університет, кафедра, навчальний процес, інноваційні технології, спеціальність 182, лабораторія, студент, професорсько-викладацький склад.

A.L. SLAVINSKA
Khmelnytskyi National University

**HALF A CENTURY OF EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC ACTIVITY OF THE DEPARTMENT OF
TECHNOLOGY AND DESIGN OF GARMENTS IN KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY**

The chronology of memorable dates and events of educational and scientific activity of the department of technology and design of garments was developed. High quality of the educational process in accordance with the requirements of the garment industry is confirmed. The qualitative level of the faculty members and the development of the material and technical base for the 50 years of the department's history are analysed. The directions of application of alternative training technologies based on the introduction of Internet resources and automated design systems are shown. Modern methodological support of educational activity has been created. The introduction of innovative equipment in technological laboratories to provide a high level of practical training is shown. Publication activity of faculty members as well as their participation in conferences is presented. The department's compliance with the educational programs of the specialty 182 - Light industry technologies by educational levels of bachelor's and master's degrees is confirmed. The effectiveness of training of educational specialists through postgraduate and doctoral studies is confirmed. Students' creative potential is embodied through the recognition of their clothing collections at various clothing design contests.

Key words: university, department, educational process, innovative technologies, specialty 182, laboratory, student, teaching staff.

Хмельницький національний університет визнаний в Україні і світі вищий навчальний заклад IV рівня акредитації, який вже 57 років активно розширює горизонти вітчизняної науки і освіти, впроваджує інноваційні розробки у виробництво [1]. Основною метою науково-освітньої діяльності університету є забезпечення якісної підготовки фахівців для потреб народного господарства, наукових і науково-педагогічних кадрів вищої кваліфікації. Протягом 50 років всі ці види діяльності успішно виконуються на кафедрі технології і конструювання швейних виробів, про що свідчить хронологія історичних дат (табл. 1).

Таблиця 1

Хронологія історії кафедри технології і конструювання швейних виробів [2]

Пам'ятні дати	Подія	Очільник підрозділу	Штатні одиниці	Матеріально-технічна база
1	2	3	4	5
1968-1969 н. р.	Започаткування підготовка інженерних кадрів	Асистент Дубач В.С.	2	2-й корпус, швейна лабораторія
Лютий 1969 р.	Початок занять зі спецдисциплін	Асистент Дубач В.С.	2	2-й корпус
1 вересня 1969 р.	Організаційні заходи формування кафедри	ст. викладач Дубач В.С.	5	2-й корпус
11 вересня 1969 р.	Утворення кафедри технології виробничих процесів побутового обслуговування, наказ № 285 від 11.09.1969 р.	ст. викладач Дубач В.С.	5	Оснащення кафедри технологічним та лабораторним обладнанням
1 вересня 1970 р.	Розташування площ кафедри у III навчальному корпусі	к.т.н., доц. Базюк Г.П.	8	3-й корпус, 3-4 поверх
Квітень 1972 р.	Перша науково-теоретична конференція з проблем побутового обслуговування	к.т.н., доц. Базюк Г.П.	15	3-й корпус, 3-4 поверх